



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS - CCEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

HEVELYNE FIGUEIRÊDO PEREIRA

**DISPONIBILIDADE DA ÁGUA EM AFLORAMENTOS ROCHOSOS NO
SEMIÁRIDO:**

Qualidades, usos e potencialidades

JOÃO PESSOA, PB

2019

HEVELYNE FIGUEIRÊDO PEREIRA

**DISPONIBILIDADE DA ÁGUA EM AFLORAMENTOS ROCHOSOS NO
SEMIÁRIDO:**

Qualidades, usos e potencialidades

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG), na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Território, Trabalho e Ambiente. Linha de pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientador: Dr^o Bartolomeu Israel de Souza

JOÃO PESSOA, PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

P436d Pereira, Hevelyne Figueirêdo.

Disponibilidade da água em afloramentos rochosos no semiárido : qualidades, usos e potencialidades / Hevelyne Figueirêdo Pereira. - João Pessoa, 2019. 86 f. : il.

Orientação: Bartolomeu Israel de Souza.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Água - avaliação da qualidade. 2. Qualidade da água.
3. Tanques de pedra. 4. Tecnologias sociais hídricas.
I. Souza, Bartolomeu Israel de Souza. II. Título.

UFPB/BC

CDU 628.161.1(043)

**“DISPONIBILIDADE DA ÁGUA EM AFLORAMENTOS ROCHOSOS NO
SEMIÁRIDO: QUALIDADES, USOS E POTENCIALIDADES”**

por

Hevelyne Figueirêdo Pereira

Dissertação apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Aprovada por:

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza
Orientador

Prof. Dr. Eduardo Rodrigues Viana de Lima
Examinador Interno

Prof. Dr. Tarcísio Cabral da Silva
Examinador Externo

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

Agosto/2019

Dedico às minhas avós e meus pais, Ivete Maria, Mariana Pereira, Solange Maria e Antônio Carlos, pelo amor, vida e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais por terem me dado a vida, que com muito esforço me educaram, dando muito amor e respeito ao próximo sem que nada me faltasse.

Ao meu melhor amigo, parceiro, *brother*, confidente e amante, André de Pina, por ter enxugado as minhas lágrimas e me acalentando nesses anos difíceis da Pós-Graduação.

Gostaria de agradecer aos meus familiares Gaby (irmã), Leylliane, Rommel, Jhone e Jefinho (primos) e amigos, que muitas vezes me ajudaram de diversas formas para que pudesse concluir essa Pós-Graduação.

Às amigas Eini Celly, Raisia Maria, Eliane Campos, Natiele Tenório e Cecília Alexandre, pois sem a força e o incentivo dessas mulheres não teria concluído. Principalmente, Eini que, além de amiga, foi uma verdadeira irmã e conselheira nos momentos mais precisos.

Meus mais sinceros agradecimentos à Dona Madalena Costa e ao seu filho Luiz Felipe, ambos me acompanharam na maioria das visitas realizadas na comunidade, sem a ajuda deles não seria possível realizar este trabalho.

Ao Pedro Nogueira e Polyana de Brito, irmãos que conheci nessa minha jornada acadêmica, que sempre me ajudaram, incentivando e amparando em todos os momentos da vida universitária. Meus oráculos acadêmicos.

A todos que compõem a família chamada IFPB do campus João Pessoa, principalmente, ao Professor Geraldo Juvito, que com a maior generosidade do mundo deu todo o suporte necessário à minha pesquisa disponibilizando laboratórios e emprestando equipamentos. Às técnicas de laboratório Tais Borges, Raquel Oliveira e Gracy Kelly.

Ao Programa de Monitoramento de Águas (PMA), graças à esse importantíssimo programa de extensão foi possível realizar todas as análises necessárias com equipamentos e laboratórios que ficaram disponíveis no tempo solicitado. À todos que trabalham neste lindo projeto meus sinceros agradecimentos, a Natália e toda equipe.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos profissionais da educação que resistem em um país que não enxerga a educação e a ciência como prioridade principal do desenvolvimento.

À todos os professores da minha graduação do Bacharelado em Geografia e do Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Federal da Paraíba, que, por diversas formas, se fizeram ser exemplos dos profissionais ao qual almejo ser quando crescer e dos que não quero ser.

Ao laboratório LEGAT, especialmente à Cecília e ao professor Pedro Vianna, pelo empréstimo da sonda medidora de multiparâmetros da água.

À todos que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização da pesquisa e que forneceram um suporte para a conclusão dessa pós-graduação.

Por último e o mais importante, ao meu orientador professor Dr. Bartolomeu Israel, pelos ensinamentos, por seus olhares e palavras de conforto. Um exemplo de pessoa de ser humano e de pesquisador que me apresentou o Cariri paraibano, especificamente a cidade de Cabaceiras, de forma muito apaixonante e honrosa. Por sua objetividade e sua ética, é um tipo de profissional que pretendo almejar ser quando crescer.

Por fim, a Poseidon, Pontos, Nereu, Oceano, Tétis, Anfitrite, Proteu, Oxum, Iemanjá, Nanã, Uiara, Njord, Kupala, Dodola, Isis, Etain, Neptuno, São Francisco de Assis, a todas as divindades que na crença humana protegem as águas.

RESUMO

A região semiárida caracteriza-se por uma variabilidade do clima e a escassez hídrica, onde a ação lenta e silenciosa do período seco causa impactos negativos, que acarretam em graves prejuízos de ordens sociais, econômicas e ambientais. O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar a qualidade da água encontrada em afloramentos rochosos na zona rural do município de Cabaceiras (PB) e relacionar suas condições de uso de acordo com a legislação existente, verificando as possibilidades de usos das águas analisadas de acordo com os resultados. Foram estudados três tanques encontrados no lajedo da comunidade de São Francisco, localizado nas mediações do vilarejo Curatá de Dentro. O procedimento metodológico abordado utilizou-se do método indutivo de natureza quanti-qualitativa. Inicialmente foram realizados o levantamento bibliográfico, pesquisa em campo, análises em laboratórios e trabalho em gabinete. Os resultados obtidos revelaram que as águas dos reservatórios P01 e P02 são impróprias para o consumo domésticos de acordo com os parâmetros bacteriológicos e físico-químicos encontrados, contudo, podem ser utilizadas para outros fins, de acordo com Resolução do CONAMA Nº357/2005. O P03 foi identificado em processo de eutrofização, classificando o reservatório como impróprio para diversos usos pela probabilidade tóxica de suas águas. Aponta-se que a análise realizada neste estudo acerca das possibilidades de usos das águas nos tanques estudados, parte da premissa da utilização das águas brutas. Concluiu-se que as águas dos reservatórios poderiam ser utilizadas para outros usos, caso fossem destinadas a um processo de tratamento primário.

Palavras-chaves: Qualidade de água. Tanques de Pedra. Tecnologias Sociais Hídricas.

ABSTRACT

The semi-arid region is characterized by climate variability and water scarcity, where the slow and quiet action of the dry period causes negative impacts that result in severe social, economic and environmental damage. The main objective of this work was to evaluate the quality of the water found in rocky outcrops in the rural area of the municipality of Cabaceiras (PB) and to report their use conditions according to the existing legislation, verifying the possibilities of use of the waters analyzed according to the results. Three tanks found in the slab in the community of San Francisco in the mediations of the village known as Curatá de Dentro were studied. The methodological procedure approached was used by the inductive method of a quantitative-qualitative nature. Initially, they consisted of bibliographic survey, field research, laboratory analysis and cabinet work. The results showed that the waters of reservoirs P01 and P02 are unsuitable for domestic consumption according to the bacteriological and physicochemical parameters found, however they can be used for other purposes according to Conama Resolution N°. 357 (BRAZIL, 2005).

P03 was identified in a process of eutrophication, classifying the reservoir as unsuitable for various uses due to the toxic probability of its waters. It is pointed out that the analysis performed in this study about the possibilities of water use in the studied tanks, part of the premise of the use of raw water. It was concluded that the waters of the reservoirs could be used for other uses if they were intended for a primary treatment process.

Keywords: Water quality. Stone Tanks. Water Social Technologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de delimitação do Polígono das Secas 1971.....	25
Figura 2 – Mapa da delimitação do Semiárido Brasileiro.	26
Figura 3 – Mapa da localização do município de Cabaceiras, PB.....	44
Figura 4 – Mapa de localização dos pontos analisados em Caruatá de Dentro, Cabaceiras, PB.	44
Figura 5 – Ponto 01, conhecido pela comunidade como tanque de emergência.	45
Figura 6 – Ponto 02, tanque de pedra com várias plantas aquáticas.	45
Figura 7 – Ponto 03, tanque coberto por algas.....	46
Figura 8 – Gráfico das variações dos valores dos Coliformes Totais.	55
Figura 9 – Gráfico dos valores da Turbidez.....	62
Figura 10 – Gráficos dos valores do pH.	65
Figura 11 – Gráficos das variações de condutividade elétrica.	66
Figura 12 – Gráficos dos valores de Acidez Total.	67
Figura 13 – Gráficos dos valores das Durezas.....	68
Figura 14 – P01 presença de plantas aquáticas.....	70
Figura 15 – P02 presença de plantas aquáticas.....	70
Figura 16 – P03 Coberto de algas.....	71

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Doenças relacionadas ao abastecimento de água.	22
Quadro 2 – Distribuição dos tipos de tecnologias sociais hídricas implementadas no Cariri paraibano.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Agrupamentos dos usos domésticos da água.	31
Tabela 2 – Resultados das análises bacteriológicas.	54
Tabela 3 – Resultados dos parâmetros físicos.	60
Tabela 4 – Resultados dos parâmetros químicos.	64
Tabela 5 – Resultados do Índice de Estado Trófico dos resultados.	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESA	Agência Estadual das Águas
ANA	Agência Nacional das Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
ASA	Associação do Semiárido
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INSA	Instituto Nacional do Semiárido
MI	Ministério da Integração
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
pH	Potencial hidrogeniônico
PNSB	Pesquisa Nacional de Saneamento Básico
SIG	Sistemas de Informações Geográficas
SVS	Secretaria de Vigilância em Saúde
TSH	Tecnologia Social Hídrica
USEPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
UT	Unidade de turbidez
VIGIAGUA	Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano
VMP	Valor Máximo Permitido
WHO	<i>World Health Organization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	19
2.1	Geral	19
2.2	Específicos	19
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
3.1	Introdução à Hidrogeografia	20
3.2	Abastecimento de água, sociedade e ambiente	21
3.3	O Semiárido Brasileiro	23
3.4	As alternativas tecnológicas de captação e armazenamento da água no Semiárido	27
3.5	Caracterização morfológica e dinâmica dos tanques de pedra	29
3.6	Qualidade de água para consumo	30
3.7	Padrões de Potabilidade	32
3.8	Parâmetros físico-químicos	33
3.8.1	Temperatura.....	33
3.8.2	Cor (Pt/l).....	34
3.8.3	Turbidez	34
3.8.4	pH.....	35
3.8.5	Condutividade Elétrica	35
3.8.6	Acidez	36
3.8.7	Dureza.....	36
3.8.8	Cloretos (Cl)	36
3.8.9	Parâmetros Biológicos	37
3.9	Poluição hídrica dos tanques de pedras	38
3.10	Aspectos eutrofizantes das águas	40
4	MATERIAIS E MÉTODOS	42
4.1	Caraterização da área de estudo	42
4.2	Análise Bacteriológica	47
4.2.1	Coliformes Totais e Termotolerantes	47
4.3	Análise Físico-química	47
4.3.1	Alcalinidade Total	48
4.3.2	Acidez Total/Carbônica/Residual	48

4.3.3	Dureza Total/Cálcio/Magnésio	49
4.3.4	Cloretos.....	50
4.3.5	Espacialização dos pontos.....	50
4.4	Estimativa de volume.....	51
4.5	Índice de Estado Trófico (potencial de eutrofização)	51
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
5.1	Resultados Bacteriológicos	54
5.2	Resultados Físico-químicos.....	58
5.3	Aspectos eutrofizantes dos corpos d'água	69
6	CONCLUSÕES.....	74
	REFERÊNCIAS.....	75
	ANEXOS	83
	ANEXO 1: FIGURA 22 – AMOSTRAS NOS FRACOS PARA ANÁLISE.....	84
	ANEXO 2: FIGURA 23 – PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	84
	ANEXO 3: FIGURA 24 – PROCESSAMENTO DAS AMOSTRAS.....	85
	ANEXO 4: FIGURA 25 – REPICAGEM COM 48H.	85
	ANEXO 5: FIGURA 26 – FERMENTAÇÃO DO MEIO V. B.....	86
	ANEXO 6: FIGURA 27 – FERMENTAÇÃO DO E. C.....	86
	ANEXO 7: FIGURA 28 – COLETA NO P01.	87
	ANEXO 8: FIGURA 29 – COLETA NO P02.	87
	ANEXO 9: FIGURA 30 – COLETA NO P03.	88

1 INTRODUÇÃO

Milhares viveram sem amor; nem um, sem água.

W H. Auden, *First Things First*

A água é vital e está se tornando um elemento-chave nas discussões acerca das temáticas ambientais, sanitárias e econômicas, a qual, sua ausência, ou contaminação, leva à redução dos espaços de vida e ocasiona, além de imensos custos humanos, uma perda global de um elemento fundamental.

Historicamente, a humanidade vem aprendendo no decorrer dos séculos a encontrar, armazenar, tratar e distribuir a água para seu consumo próprio (COELHO; HAVENS, 2015). A primeira represa para armazenar água foi construída no Egito em 2.900 a.C. pelo faraó Menes, para abastecer a capital Memphis (ROSEN, 1994).

Os romanos destacaram-se por erguer grandes construções destinadas ao transporte de água, chamadas de aquedutos. Platão (427-347 a.C.) ressaltava a necessidade de disciplinar o uso da água, prescrevendo algumas formas de penalização para aqueles que causassem algum dano a um recurso, que por ele era considerado essencial para a manutenção das plantações (ARRUDA, 1977).

Diversas civilizações se desenvolveram através da utilização da água para a manutenção da vida e para transformações técnicas, comerciais e agrícolas que induziram profundas mudanças na sociedade. Nas regiões áridas e semiáridas, o uso de tecnologias que permitisse o armazenamento de água foi imprescindível para uma melhor convivência das sociedades nessas áreas.

A região semiárida caracteriza-se por uma variabilidade do clima e a escassez hídrica. De acordo com o Instituto Nacional do Semiárido, conviver com o semiárido é adaptar a sociedade a uma forma específica da ocorrência do clima, de modo que, a construção de infraestruturas hídricas são caminhos necessários para a elaboração de uma estratégia de adaptação à natureza (INSA, 2011).

Um dos maiores problemas do clima semiárido é a inconsistência das chuvas, que são escassas ou se concentram em curto período do ano, resultando em numerosos meses sem precipitações.

Cerca de 1,2 bilhão de pessoas vivem em área de escassez hídrica. Na América Latina, embora a disponibilidade desse recurso natural seja abundante, uma porcentagem significativa da população não tem acesso (BURITI; BARBOSA, 2018).

No Brasil, o semiárido apresenta reservas de águas insuficientes em seus mananciais, temperaturas elevadas em todos os meses do ano, baixas amplitudes térmicas, forte insolação e alta taxa de evapotranspiração (RAMALHO, 2013).

Devido as condições climáticas, edáficas e sociais do semiárido brasileiro, é fundamental a busca por tecnologias que propiciem uma melhor relação de convivência com esse ambiente e forneça uma melhor qualidade de vida para a população.

Os afloramentos rochosos são comuns no semiárido nordestino, a busca do aproveitamento das águas acumuladas nesses ambientes é de fundamental importância. As rochas cristalinas que afloram à superfície, comumente apresentam cavidades resultantes dos processos erosivos a que são submetidas, de forma que, as águas se acumulam naturalmente após a ocorrência de eventos chuvosos (SOUZA, 2013). Tais cavidades podem ter formatos variados, podendo formar caldeirões em forma de trincheiras de grande comprimento e profundidade, estes, têm as melhores condições de eficiência de estocagem de água por um longo período (SCHISTEK, 1999).

Por conta de tais fatores a utilização dos tanques de pedras é facilitada na região semiárida do nordeste brasileiro, essas fraturas graníticas que são naturais por vezes podem ter sua capacidade ampliada pela comunidade que, compreendendo a capacidade de reservatório, constroem paredes de alvenaria e escavam retirando a maior parte do sedimento acumulado no fundo.

Os tanques de pedras se configuram como uma importante tecnologia social hídrica. No presente trabalho, se estabelece o uso do termo tanque de pedra e também afloramentos rochosos, uma vez que na região estudada foi encontrado tanques escavados pela comunidade e cavidades naturais frutos da dinâmica erosiva da rocha.

É fundamental considerar o aproveitamento das águas desses reservatórios, como uma solução viável para as populações rurais nas regiões semiáridas, bem como, o uso em potencial das águas acumuladas nos afloramentos, promovendo mais uma alternativa de fonte hídrica para as famílias do entorno, seja para utilização em usos menos nobres, porém não menos importantes, como a dessedentação de animais e utilização em quintais produtivos. Cabe ressaltar que a pesquisa utiliza procedimentos metodológicos que buscam classificar e descrever fenômenos físicos, contudo, buscando compreender a natureza, que entra como elemento de análise da

Geografia. De acordo com Suerteguaray (2018) na análise geográfica, os elementos da natureza constituem recursos para a construção do homem e da sociedade.

Nesse contexto, a proposta do presente trabalho é identificar a qualidade da água em afloramentos rochosos localizados na zona rural do município de Cabaceiras – PB, com intuito de identificar as condições de usos pela comunidade local, avaliando a importância desses reservatórios para o bioma.

A estrutura desse trabalho, consiste na parte introdutória, que apresenta o trabalho e seus objetivos. Seguindo com a fundamentação, com a premissa de abordar os principais conceitos e revisar bibliografias que tratem da temática. Posteriormente, os materiais e métodos para a realização da pesquisa serão apresentados, bem como a localização da área estudada. Nesse contexto, os resultados obtidos serão discutidos levando em consideração a legislação pertinente bem como outros trabalhos científicos de mesma natureza, por fim, a conclusão será apresentada.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade da água em afloramentos rochosos e relacionar suas condições de usos de acordo com a legislação existente.

2.2 Específicos

- Analisar parâmetros bacteriológicos e físico-químicos das águas;
- Estimar o volume da água acumulado nos tanques estudados;
- Aferir o Índice de Estado Trófico (IET) dos tanques.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Introdução à Hidrogeografia

A água é um recurso estratégico e estudos relativos a ela têm despertado enorme interesse nos mais diversos níveis da sociedade, assumindo um papel de destaque no meio científico, acadêmico e na geografia (MACHADO; TORRES, 2017).

Inicialmente é importante definir alguns conceitos, como *água* e *recursos hídricos*. Para Machado e Torres (2017), a *água* é um elemento natural, quando sem uso ou utilização, por exemplo, a chuva, escoamento e infiltração. Mas quando se atribui ou se agrega valor econômico qualquer, a água pode ser considerada como um *recurso*.

Nesse contexto, a hidrogeografia é o ramo da geografia que estuda o comportamento das águas na natureza e suas implicações na organização espacial e econômica da sociedade. E pode ser caracterizada como:

A hidrogeografia estuda a água como fator formador e modificador de paisagens, estuda os arranjos que se estabelecem entre água e solo, água e vegetação, água e clima. Abarca em seu escopo aspectos tão abrangentes quanto múltiplos, como os processos erosivos, o abastecimento público ou as modalidades de usos do solo ligados ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial e gestão de bacias hidrográficas e o gerenciamento de recursos hídricos. (MACHADO; TORRES 2017, p.07).

Segundo Mendonça (2014) a geografia, ao lado de algumas outras ciências, desde sua origem tem tratado muito de perto a temática ambiental, elegendo-a de maneira geral, uma de suas principais preocupações.

As discussões no âmbito da ciência geográfica, alertam para o quanto os geógrafos tem a contribuir na mudança necessária da organização do espaço geográfico e na garantia da boa qualidade ambiental. A partir dessa perspectiva que esse trabalho está pautado.

Na relação da sociedade e natureza que a geografia atua, Suerteguray (2018) afirma o conceito de ambiente, enquanto interação de elementos, seria preocupação da Geografia propriamente dita. Ao menos enquanto construção teórica, a Geografia

é a ciência que estuda a articulação homem *versus* meio, ou que estuda a apropriação da natureza pela sociedade.

3.2 Abastecimento de água, sociedade e ambiente

Chevalier e Gheerbrant (1988), na obra “*Dicionário de símbolos: mitos, sonhos, costumes, gestos, formas, figuras, cores, números*”, descrevem que as significações simbólicas da água estão presentes em todas as culturas desde as mais antigas tradições, permeadas de conteúdos mágicos. Através dos mitos e religiões, estas alegorias sobre a água eram relacionadas com símbolo e a origem de vida, meio de purificação e cerne de regenerescência.

Evidências históricas apontam para vários registros de experiências de suprimentos de água encontrados desde a Antiguidade, demonstrando o progressivo desenvolvimento de tecnologias para a captação, o transporte, o tratamento e a distribuição de água (REZENDE; HELLER, 2002).

O fato é que, o abastecimento de água às comunidades humanas constitui uma questão de natureza nitidamente multidimensional, em que o cuidado com o provimento de água às populações acompanha a humanidade desde seu surgimento (HELLER; PÁDUA, 2016).

Os autores Heller e Pádua (2016) listam importantes eventos que marcaram a evolução histórica do abastecimento de água, podendo destacar, em ordem cronológica, como as preocupações foram se sucedendo:

- Com o surgimento de água para a agricultura e a pecuária, simultaneamente ao abastecimento para consumo humano;
- Com o transporte da água em canais e tubulações;
- Com a captação de água subterrânea;
- Com o armazenamento da água;
- Com o tratamento da água (coagulantes, decantação, filtração, desinfecção...)
- Com a acumulação da água em represas;
- Com a elevação da água;
- Com a compreensão da hidráulica;
- Com a organização de serviços de abastecimento de água.

A atenção para os serviços de abastecimento de água pelas civilizações surgira após diversas crises sanitárias, com a transmissão de doenças causadas pela má manipulação da água ou por sua contaminação, que dizimaram milhares de pessoas.

Em 1840, na Londres Vitoriana, a epidemia de cólera disseminou de forma devastadora milhares de pessoas (JOHNSON, 2008). No Brasil, em 1855 no Rio de Janeiro, o primeiro caso da epidemia de cólera causou a morte de 4.828 indivíduos, entre julho de 1855 e maio de 1856 – número de mortos que só se comparava com o da epidemia de febre amarela cinco anos antes (KODAMA, 2011).

Os mecanismos de transmissão de doenças a partir da água são diversos. Mara e Feachem (1999) elencam dois grupos principais: O primeiro são os transmitidos por ingestão da água contaminada por agentes biológicos patogênicos; e o segundo é a transmissão que ocorre pela insuficiência da quantidade de água, provocando uma higiene deficiente. Ambos estão descritos no Quadro 1:

Quadro 1 – Doenças relacionadas ao abastecimento de água.

GRUPOS DE DOENÇAS RELACIONADOS AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA		
DOENÇAS DE TRANSMISSÃO FECO-ORAL		RELACIONADOS A QUANTIDADE DE ÁGUA INSUFICIENTE.
Viróticas	Hepatite A, E e F; poliomielite; diarreia por rotavírus; diarreia por adenovírus.	Doenças infecciosas da pele.
Bacterianas	Cólera, infecção por <i>Escherichia coli</i> , febre tifoide e paratifoide.	Doenças infecciosas dos olhos.
Protozoários	Amebíase, tricuriase, enterobíase.	Doenças transmitidas por piolhos.
Helmintos	Ascaridíase, tricuriase, enterobíase.	

Fonte: Mara e Feachem (1999).

As doenças relacionadas a quantidade de água insuficiente são comuns nas regiões áridas e semiáridas. Estudos em Bangladesh e na Nigéria, por exemplo, mostraram que a ocorrência de diarreia e a presença de parasitas intestinais estão mais correlacionadas com as mãos sujas – um bom indicador de acesso ao

suprimento de água – que à qualidade da água consumida (BARTLETT, 2003). Diante dos dados, pode-se compreender a importância de estudos que possibilitem o uso de tecnologias, políticas públicas e mudanças comportamentais que busquem sanar tais problemáticas.

De acordo com Machado e Torres (2017), as projeções para o futuro não muito distante dão conta de que o acesso à água de qualidade se tornará um grave problema para a humanidade. Essa afirmativa não considera que nas regiões áridas e semiáridas a escassez faz parte do cotidiano de milhares de pessoas há séculos.

A ambiguidade da relação meio ambiente versus abastecimento de água é inerente, de um lado o usuário primordial com o ambiente, dele dependendo, de outro ao realizar este uso, provoca impactos (HELLER; PÁDUA, 2016). Cabe às sociedades o equilíbrio dessa balança, principalmente, em regiões de escassez como é o caso do semiárido brasileiro.

3.3 O Semiárido Brasileiro

A natureza do semiárido brasileiro tem como marca principal a escassez hídrica (INSA, 2011). Pesquisadores apontam que um dos grandes problemas dos climas semiáridos é a inconstância das chuvas, que são escassas ou na maior parte das vezes se concentram em um curto período do ano.

Caracteriza-se pelo clima seco, com poucas chuvas e elevada evapotranspiração (BRASIL, 2018). Possui localização anômala em relação aos ambientes de climas áridos e semiáridos tropicais e subtropicais da terra (AB'SÁBER, 1974).

Segundo o Ministério da Integração Nacional (2005), o semiárido brasileiro compreende mais de dez Estados da Federação (PI, CE, RN, PB, PE, AL, SE, BA e MG), cobrindo 12% do território nacional e contendo 1.262 municípios.

No ano de 2017, mais 73 municípios foram incluídos na área do semiárido brasileiro em decorrência da seca prolongada, tal acréscimo ocorreu devido a nova redelimitação proposta pelo Ministério da Integração que segue três critérios técnicos:

- I. Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
- II. Índice de aridez de até 0,5 calculado pelo balanço hídrico, que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990;

III. Risco de seca maior que 60% tomando-se por base o período entre 1970 e 1990. (BRASIL, 2018).

A extensão territorial do Semiárido brasileiro abrange uma área de 980.133.079 km² (MEDEIROS et al., 2012). Carvalho et al. (2015) apresentam o Semiárido como sendo:

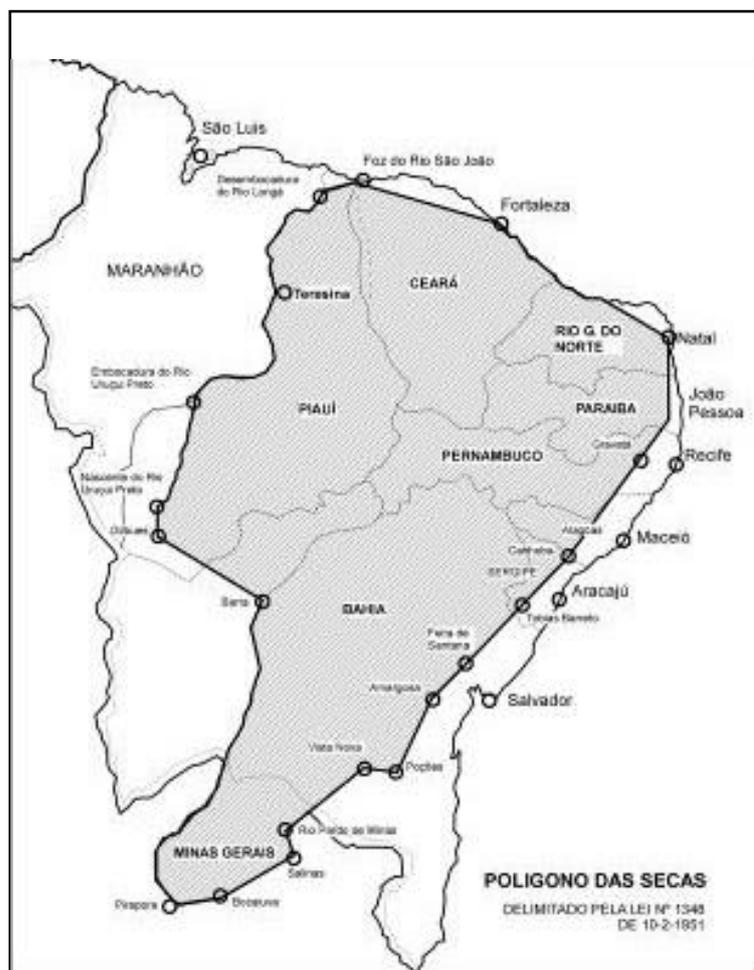
Um vasto compartimento de relevo embutido entre níveis de planaltos cristalinos ou sedimentares, com uma superfície praticamente contínua que se alarga nos Estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Ao Sul, no Estado da Bahia, os sertões se bifurcam entre os níveis elevados da Chapada Diamantina e os Planaltos com coberturas calcárias. Em Sergipe e Alagoas eles se estendem a Leste dos Planaltos sedimentares e ao sul da Borborema, abrangendo, igualmente, grandes parcelas desses Estados.

Os técnicos da Inspetoria de Obras contra as Secas (IOCS), que atualmente veio a tornar-se Departamento Nacional de Obras contra as Secas (DNOCS), foram os primeiros que estabeleceram, de forma rudimentar, uma aproximação do conceito geográfico do que viria a ser a área de atuação do Órgão (BURITI; BARBOSA, 2018).

De acordo com Ab'Sáber (1999), na sua obra "*Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida*", foram esses profissionais que esboçaram uma delimitação preliminar da área nuclear do domínio morfoclimático, fitogeográfico, hidrológico e geoecológico das terras semiáridas brasileiras. Esse mapeamento culminou na criação do chamado Polígono das Secas, por meio da Lei nº 175, de 7 de janeiro de 1936 (BRASIL, 1936).

Segundo Buriti e Barbosa (2018), o traçado inicial do Polígono das Secas foi complementado 10 anos depois em 1946, através de um Decreto que dispôs sobre limites da área com a supervisão da Sudene órgão responsável pela atualização dos municípios compreendidos nessa região através de critérios anteriormente citados. Desde a sua criação os limites já foram alterados algumas vezes. A figura 1, mostra a área delimitada do Polígono da Secas pela Lei nº1.348, de 10 de fevereiro de 1951 (BRASIL, 1951).

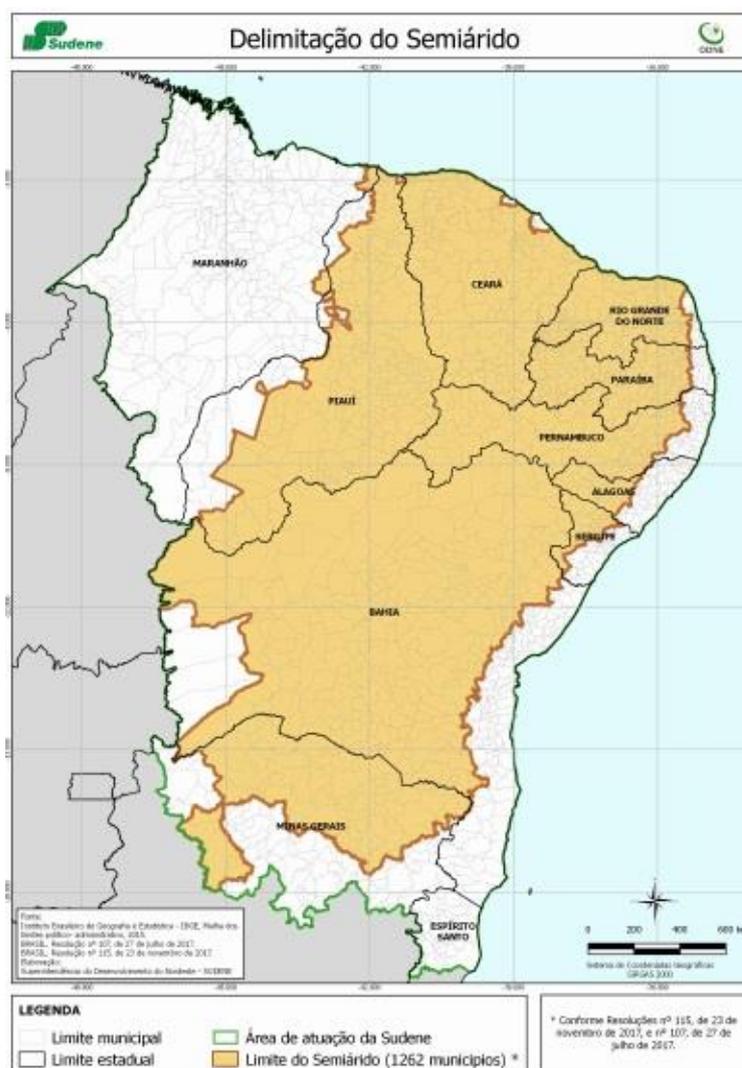
Figura 1 – Mapa de delimitação do Polígono das Secas 1971.



Fonte: Dantas (2010).

É importante ressaltar que há diferença entre a área das secas, definida pela Sudene, e a delimitação da região semiárida brasileira, instituída em 2005 (SUDENE, 2017). Na figura 2, pode-se verificar a área de delimitação do Semiárido Brasileiro.

Figura 2 – Mapa da delimitação do Semiárido Brasileiro.



Fonte: Sudene,2018.

Andrade (1999) afirma em sua obra “A problemática da seca”, que esse fenômeno é natural. Há, então, um grande equívoco que se empreende contra a falta de água desde o período imperial no nosso país, que vem sendo “lutar contra a seca” e não lutar “contra os efeitos da seca”. Diante disso, fica evidente a necessidade de políticas públicas e o uso de soluções alternativas de tecnologias para o convívio com o semiárido.

Uma vez que a escassez hídrica é um dos problemas no semiárido do Nordeste que ocorre em um espaço natural e social heterogêneo, impondo dessa forma problemas diferentes, exige também soluções específicas (INSA, 2011). Ocorre que água é um elemento essencial a vida humana, logo as políticas hídricas de

governança de direito à água no semiárido deveriam ter como objetivo principal a minimização das desigualdades sociais de injustiça ambiental.

3.4 As alternativas tecnológicas de captação e armazenamento da água no Semiárido

De acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2011), cerca de 38% da população do semiárido brasileiro vive na zona rural, o que corresponde a uma estimativa de 8,5 milhões de pessoas.

Diante disso, as Tecnologias Sociais Hídricas (TSH) têm uma importância fundamental na democratização do acesso à água. Buriti e Barbosa (2018) afirmam que adaptar tecnologias hídricas adequadas à convivência dessas pessoas com a seca é um dos maiores desafios das políticas públicas para a região.

O Instituto de Tecnologias Sociais define a tecnologia social como: “Conjunto de técnicas, metodologias transformadoras, desenvolvidas e/ou aplicadas na interação com a população e apropriadas por ela, que representam soluções para inclusão social e melhoria das condições de vida.” (ITS BRASIL, 2004).

Dessa maneira é evidente que as dimensões humana e social estão em primeiro plano, ou seja, no que concerne as discussões acerca das tecnologias sociais, compreender que os saberes populares e acadêmicos são imprescindíveis, ressalta a importância de valorizar o conhecimento empírico oriundo das comunidades.

As tecnologias sociais estão entre as práticas que mais revelam a capacidade de transformação da realidade de milhares de pessoas que estão às margens do processo de desenvolvimento adotado pelo Estado.

De acordo com Buriti e Barbosa (2018), a partir dos anos 1990 as organizações da sociedade civil desempenharam um importante papel na mobilização social em torno de um projeto de políticas públicas para a convivência com o Semiárido brasileiro.

O Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC) tem sido considerado uma das tecnologias sociais mais exitosas no Brasil. Segundo a ASA (Articulação do Semiárido Brasileiro) sobre a origem do projeto:

O Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido – P1MC foi negociado junto ao governo federal em

1999, por meio da Agência Nacional de Águas (ANA). Tem como objetivo garantir o abastecimento regular de água de qualidade para cinco milhões de pessoas em áreas rurais do semiárido brasileiro. Seu início se deu em 2001 até novembro de 2016, o P1MC tinha construído 592.340 cisternas rurais em todo o Semiárido brasileiro (ASA, 2016).

Buriti e Barbosa (2018, p.335), na obra “Um século de Secas: Por que as Políticas Hídricas Não Transformaram o Semiárido Brasileiro?”, afirmam que:

O referido programa representa uma das mais importantes ações com vista à ampliação do acesso à água para o consumo humano de populações dispersas na zona rural do Semiárido brasileiro, além de se constituir em um dos maiores projetos mundiais em larga escala de aproveitamento da água da chuva.

Dentre as inovações apresentadas no programa mencionado, encontra-se em pauta um sistema simplificado para cumprir essa finalidade e por ter um modelo de gestão sustentado na participação da sociedade civil (GOMES; HELLER, 2016).

A ASA dispõe de um conjunto de outras tecnologias sociais validadas como estratégicas para estocagem de água destinada à produção de alimentos. Na Paraíba até novembro de 2016, foram construídas 9.438 dessas inovações (BURITI; BARBOSA, 2018).

Um mapeamento acerca das principais tecnologias sociais hídricas do Cariri paraibano, realizada pela ASA, diagnosticou um total de 1.144 tecnologias implantadas, como pode-se visualizar no quadro 2.

Quadro 2 – Distribuição dos tipos de tecnologias sociais hídricas implementadas no Cariri paraibano.

Tecnologia	Quantidade
Barragem subterrânea	18
Barreiro-trincheira	67
Cisterna-calçadão (52 mil litros)	597
Tanque de pedra	4
Barraginha	7
Bomba d'água popular	6
Cisterna-enxurrada	445
Total	1.144

Fonte: ASA, 2016.

Dentre as tecnologias sociais hídricas que foram menos implementadas estão os “tanques de pedras”, que é uma tecnologia que corresponde ao aproveitamento da água da chuva nos lajedos, extensos afloramentos rochosos existentes no Semiárido, estudados na presente pesquisa.

3.5 Caracterização morfológica e dinâmica dos tanques de pedra

Silva et al. (2017) caracterizam os tanques de pedras como sendo depressões fechadas disseminadas sobre litologias cristalinas. Classicamente conhecida como *weatering pits*, *pías* ou *gnammas*, essas cavidades nas superfícies expostas das rochas graníticas, em virtude de seu formato e gênese são denominadas como bacia de dissolução (MAIA et.al., 2018).

Maia et al. (2018), na obra que trata dos “Relevos Graníticos do Nordeste Brasileiro”, afirma que:

Trata-se de feições negativas de formato circular que ocorrem normalmente em escala variável de decimétrica a métrica. Também podem ser elipsoidais, mantendo ainda as características geométricas originais dos enclaves que a geraram casos em que estão em fase mais avançada de evolução, apresentam a forma côncava, esférico ou ovalado. Sua ocorrência é mais comum em declives podendo estar isoladas ou interconectadas por exultórios. Quando o talvegue do

exultório não é suficientemente desenvolvido e dessa forma não drena o fundo da bacia de dissolução, tem-se o acúmulo de água.

Segundo Silva et al. (2017) pouco se sabe a respeito dos processos associados à gênese e evolução dessas feições geomorfológicas, uma vez que os estudos realizados se concentram os aspectos paleontológicos e arqueológicos dos materiais de preenchimento.

O potencial de captação de água dessas feições é bastante relevante tendo em vista a má distribuição das chuvas na região semiárida. Dessa forma, os tanques de pedra aparecem de maneira que não pode ser menosprezada (SOUZA, 2013).

3.6 Qualidade de água para consumo

A forma de se obter água para consumo humano vem se modificando. Os poços, fontes e chafarizes assumem um caráter nostálgico (MORETTI et al., 2013). O aumento populacional e a constante interferência no meio ambiente vêm alterando a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, que chegam as residências.

A exigência da qualidade da água é primordialmente a proteção e manutenção da saúde pública. De acordo com D'Aguilar et al. (2000), são adotados critérios para assegurar a qualidade da água, que tem por objetivo fornecer uma base de desenvolvimento de ações que garantirão a segurança do fornecimento de água, eliminando constituintes perigosos à saúde humana.

Nesse sentido, a qualidade da água deve condizer com os padrões previamente estabelecidos, uma vez que, a sua poluição pode trazer perigos à saúde pública.

Do ponto de vista dos recursos hídricos quanto aos usos, se dividem em: usos consultivos que são destinados ao abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, aquicultura. Os não consultivos são os destinados à geração de energia hidroelétrica, navegação, recreação e harmonia paisagística, pesca, diluição, assimilação e afastamento de efluentes (REZENDE; HELLER, 2002).

Ambos são utilizados diariamente seja de forma direta ou indireta pela sociedade. Porém no presente trabalho vamos nos ater a descrever os usos que são considerados domésticos, pois, estão diretamente ligados ao objeto central da dissertação. Sendo assim, na tabela 1 é possível verificar no que consiste os usos domésticos da água.

Tabela 1 – Agrupamento dos usos domésticos da água.

AGRUPAMENTO DE CONSUMO	NECESSIDADES
CONSUMO DOMÉSTICO	Ingestão
	Preparo de alimentos
	Higiene da moradia
	Higiene Corporal
	Limpeza dos utensílios
	Lavagem de roupas
	Descarga de vasos sanitários
	Lavagem de veículos
	Insumos para atividades econômicas domiciliares (lavadeiras, preparo de alimentos, etc.)
	Irrigação de jardins, hortas e pomares domiciliares
	Criação de animais de estimação e de animais para alimentação (aves, suínos, equinos, caprinos, etc.)

Fonte: Heller e Pádua, 2016.

A Portaria Nº 5 /2017 Ministério da Saúde é um instrumento que substituiu a portaria 2914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011). É um instrumento de controle que padroniza os níveis máximos e mínimos de algumas substâncias e composição da água para o consumo humano, ressaltando a importância de entender os conceitos atribuídos a cada água consumida.

De acordo com a Portaria nº1.469/2000 do Ministério da Saúde - MS (BRASIL, 2000), a água potável é a água destinada ao consumo humano, cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde. Para fins da Portaria nº 5/2017 do MS são adotadas as seguintes definições:

- I. Água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independente da sua origem;
 - II. Água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;
 - III. Água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade.
- (BRASIL, 2017)

O melhor método de assegurar água adequada para consumo consiste em formas de proteção, evitando a contaminação por dejetos animais e humanos, os quais, podem conter grande variedade de bactérias, vírus, protozoários e helmintos (D'AGUILA; ROQUE; MIRANDA, 2009).

3.7 Padrões de Potabilidade

De acordo com Finotti et al. (2009), a água possui propriedades fundamentais que influenciam sua qualidade e tais propriedades são fundamentais para que se estabeleça a condição que pode ser medida através de parâmetros físicos, químicos e biológicos. Esses parâmetros são usados para indicar as características naturais quanto à presença de poluição e sua origem.

O padrão de potabilidade definido pela Portaria Nº 5 /2017 do MS é composto por: (i) padrão microbiológico; (ii) padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; (iii) padrão para substâncias químicas que representam risco à saúde; (iv) padrão de 21 radioatividade; (v) padrão de cianotoxinas da água para consumo humano; (vi) padrão organoléptico de potabilidade (BRASIL, 2011).

O risco do consumo da água sem padrões de qualidade e quantidade suficientes torna-se um risco para a saúde pública. Galdino (2009) relata que o tratamento da água, em si, não é a solução dos problemas, uma vez não garante a manutenção da condição de potabilidade, pois a água pode se deteriorar entre o tratamento, a distribuição, a preservação e o consumo.

No ambiente Semiárido, com a escassez da água, os padrões de potabilidade são comumente ignorados quando se trata da população rural.

Diante desse fato, é primordial o diagnóstico acerca do avanço da construção da infraestrutura hídrica e acerca da qualidade da água, baseada na implementação

de tecnologias sociais junto às famílias que vivem na zona rural do Semiárido (BURITI; BARBOSA, 2018). Finotti et al. (2009, pág. 73) afirmam que:

A qualidade das águas depende de dois fatores, o primeiro se refere as suas características naturais como: solo, existência de vegetação e as características físicas em torno do corpo hídrico. O segundo fator é referente a ocupação humana, o manejo dos dejetos líquidos e sólidos, existência de atividades industriais.

Para o consumo doméstico, a qualidade da água é definida a partir de parâmetros de natureza física, química e biológica.

3.8 Parâmetros físico-químicos

Os parâmetros físicos estão relacionados com os aspectos sensoriais provocados pela água. Apesar de não interferir diretamente na saúde de possíveis usuários, eles podem ser indicativos de aumento na concentração de parâmetros químicos (FINOTTI et.al., 2009).

Os parâmetros físicos estudados na presente pesquisa foram: Temperatura, cor e turbidez, e os químicos foram pH, condutividade elétrica, alcalinidade, acidez, dureza, cloretos (CL).

3.8.1 Temperatura

De maneira geral, há uma variação natural na temperatura dos recursos hídricos, resultante de variações climáticas. Elevadas temperaturas, resultantes do lançamento de águas aquecidas, podem acarretar um impacto ecológico significativo (APHA, 2005).

Mota (1995) afirma que o aumento da temperatura das águas também pode aumentar a ação tóxica de muitos elementos e compostos. A temperatura da água influencia no ciclo de vida dos organismos, alterando o seu crescimento.

A dissolução do oxigênio é um parâmetro que sofre influência direta da temperatura da água, uma vez que, a 0°C seu valor é de 14 mg/L, a 35°C esse valor cai para menos que 7mg/L (BRAILE; CAVALCANTI, 1979).

3.8.2 Cor (Pt/l)

A cor da água é o resultado de diferentes comprimentos de ondas não absorvidos pela água ou por materiais em suspensão (PAIVA; PAIVA, 2001).

A cor é um parâmetro físico resultante, principalmente, da dissolução de ferro, manganês, matéria orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) e/ou lançamento de efluentes (FINOTTI, 2009).

Para abastecimento de água, a cor é esteticamente indesejável. A sua medida é de fundamental importância, visto que, água com coloração elevada provoca rejeição por parte do consumidor e o leva a procurar outras fontes de suprimento muitas vezes inseguras (BRASIL, 2006).

3.8.3 Turbidez

De acordo com Von Sperling (2005) a turbidez é um parâmetro que indica a interferência da passagem da luz na água, causando um aspecto turvo na mesma.

A turbidez da água é a atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra, devido ao espalhamento e a absorção da luz incidente por partículas, enquanto a transparência é o limite de visibilidade da água (PAIVA; PAIVA, 2001).

Segundo Finotti et al. (2009), esse parâmetro tem relação direta com a transparência da água e depende da concentração de materiais em suspensão, como silte, argila, partículas finas de matéria orgânica e inorgânica, compostos orgânicos solúveis, plâncton e outros micro-organismos.

Alterações na turbidez podem ser causadas pelo despejo de efluentes com matéria em suspensão e coloidal. Esse parâmetro é indicativo de qualidade com relação à matéria coloidal em efluentes industriais (APHA, 2005). O aumento da turbidez ocorre em virtude do aumento do número de partículas em suspensão. Da mesma forma que a cor, a turbidez pode alterar a realização da fotossíntese, diminuindo dessa forma a produtividade dos organismos autótrofos (FINNOTI et al., 2009).

A turbidez também é extremamente desagradável em águas, pois pode servir de abrigo para micro-organismos patogênicos.

3.8.4 pH

O potencial hidrogeniônico é a medida do balanço ácido de uma solução, definido pelo negativo do logaritmo da concentração do íon de hidrogênio, podendo variar entre 0 (muito ácido) e 14 (muito básico). O pH neutro é considerado igual a 7 (PAIVA; PAIVA, 2001).

Von Sperling (2005) afirma que o pH é um parâmetro importante em diversas etapas do tratamento de água, pode interferir na saúde pública caso os valores estejam extremamente baixos ou elevados.

As águas naturais usualmente apresentam valores de pH na faixa de 4 e 9, são levemente básicas, devido a presença de bicarbonatos e carbonatos de metais alcalinos ou álcalis (APHA, 2005).

De acordo com Dajoz (1983), o pH é um fator decisivo na distribuição das espécies aquáticas os peixes em geral suportam pH na faixa de 5 a 9, caso essa faixa seja extrapolada pode haver a mortalidade maciça dos peixes.

Segundo Finotti et al. (2009, p.79):

Quase todas as etapas de tratamento de águas de abastecimento e de despejos, como neutralização, coagulação, desinfecção e controle de corrosão são dependentes do pH. Nos processos biológicos de tratamento de esgoto, o pH é crítico para o desenvolvimento de microorganismos. O pH também influencia a precipitação de metais pesados ou a solubilização de diversos compostos químicos.

A utilização desse parâmetro se dá mais frequentemente para caracterização das águas de abastecimento brutas e tratadas, caracterização de águas residuárias brutas, caracterização de corpos d'água e controle da operação de estações de tratamento de esgoto (VON SPERLING, 2005).

3.8.5 Condutividade Elétrica

É a medida da capacidade da água de transmitir corrente elétrica, sendo sensível à variação nos sólidos dissolvidos, principalmente, sais minerais. Geralmente, é expressa em *microsimens* por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e, para certos corpos d'água, pode ser relacionada com a concentração de sólidos dissolvidos totais

(PAIVA; PAIVA, 2001). A condutividade de águas naturais varia entre 10 e 1.000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (FINOTTI et al., 2009).

3.8.6 Acidez

Von Sperling (2005) define acidez como a capacidade da água em resistir as mudanças de pH causadas pelas bases, devido, principalmente, a presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2).

A acidez pode ser de origem natural e antropogênica. De origem natural é oriunda do CO_2 absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica. De origem antropogênica são oriundas de despejos industriais, como pode estar relacionada a vazadouros de mineração e borras de minérios (VON SPERLING, 2005).

3.8.7 Dureza

É ocasionada principalmente por sólidos dissolvidos, em especial, cálcio e magnésio. A identificação da dureza pode ser realizada através do método titulométrico, com EDTA, utilizando eriocromo T como indicador (FINOTTI et al., 2009).

A dureza de uma água pode ser temporária ou permanente. A dureza total é calculada pela soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio (BRASIL, 2005). Em corpos d'água de reduzida dureza, a biota é mais sensível à presença de substâncias tóxicas, já que a toxicidade é inversamente proporcional ao grau de dureza da água (BRASIL, 2006).

Além disso, águas com elevada dureza causam a extinção da espuma do sabão, aumentando seu consumo (MOTA, 1995).

3.8.8 Cloretos (Cl^-)

Os cloretos estão presentes em águas brutas e tratadas em concentrações que podem variar de pequenos traços até centenas de mg/l (BRASIL, 2005). Os cloretos (Cl^-) são advindos da dissolução de sais, cloreto de sódio, cálcio e magnésio (VON SPERLING, 2005).

A água do mar possui concentração elevada de cloretos que está em torno de 26.000 mg/l . Os métodos convencionais de tratamento de água não removem

cloretos, a sua remoção pode ser feita por desmineralização (deionização) ou evaporação (BRASIL, 2005).

3.8.9 Parâmetros Biológicos

De acordo com Finotti et al. (2009), a identificação e contagem de micro-organismos nos corpos d'água é de particular interesse em relação aos aspectos de proteção à saúde pública. Dentre os principais organismos encontrados nos corpos d'água e no esgoto estão bactérias, fungos, algas, protozoários, vírus, plantas e animais. Os que apresentam maior importância são aqueles capazes de causar doenças ao homem e são denominados organismos patogênicos ou patógenos (JORDÃO, 2005).

Von Sperling (2005) afirma que a detecção de agentes patogênicos em uma amostra d'água é extremamente difícil em razão de suas baixas concentrações, o que demandaria o exame de grandes volumes da amostra para que fossem detectados os poucos seres patogênicos. Assim sendo, outra forma de superar esses obstáculos utiliza de indicadores de contaminação fecal, já que a presença de contaminação por fezes humanas ou de animais é um fator bastante favorável para a transmissão de doenças.

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2013), no *Manual Prático de Análises*, a água potável não deve conter micro-organismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal, os indicadores de tal contaminação são eleitos como bactérias de referência do grupo coliforme.

Os principais indicadores de contaminação fecal comumente utilizados são:

Coliformes Totais: Constitui-se em um grupo de bactérias encontradas na água e solos poluídos e não poluídos bem como em fezes humanas e outros animais de sangue quente. Podendo ser entendidos como coliformes “ambientais” dado a sua incidência em águas e solos não contaminados, representando organismos de vida livre, e não intestinal.

Coliformes Termotolerantes: Constitui-se com grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais. São bactérias que resistem a elevadas temperaturas tendo como representante a *Escherichia coli*.

Escherichia coli: É a principal bactéria do grupo de coliformes fecais (termotolerantes), sendo abundante nas fezes humanas e de animais, é encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente que diferentemente dos coliformes totais é a única que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal (VON SPERLING, 2005, p.102).

A Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2013) elenca os fatores pelos quais esses indicadores são escolhidos, uma vez que:

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

Portanto, a garantia do consumo humano de água potável, livre de micro-organismos patogênicos, de substâncias e elementos químicos prejudiciais à saúde, constitui-se em ação eficaz de prevenção das doenças causadas pela água.

3.9 Poluição hídrica dos tanques de pedras

Salienta-se que os tanques de pedra estudados são verdadeiros reservatórios que estão no ambiente sujeitos a vários tipos de poluição das águas acumuladas em suas fraturas. Analisar a qualidade da água é fundamental, pois a utilização dos tanques naturais como uma fonte alternativa de água no semiárido brasileiro não é uma novidade. As populações rurais que vivem próximas aos mesmos utilizam esses reservatórios com bastante frequência.

A Lei 6.938 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente conceitua poluição como:

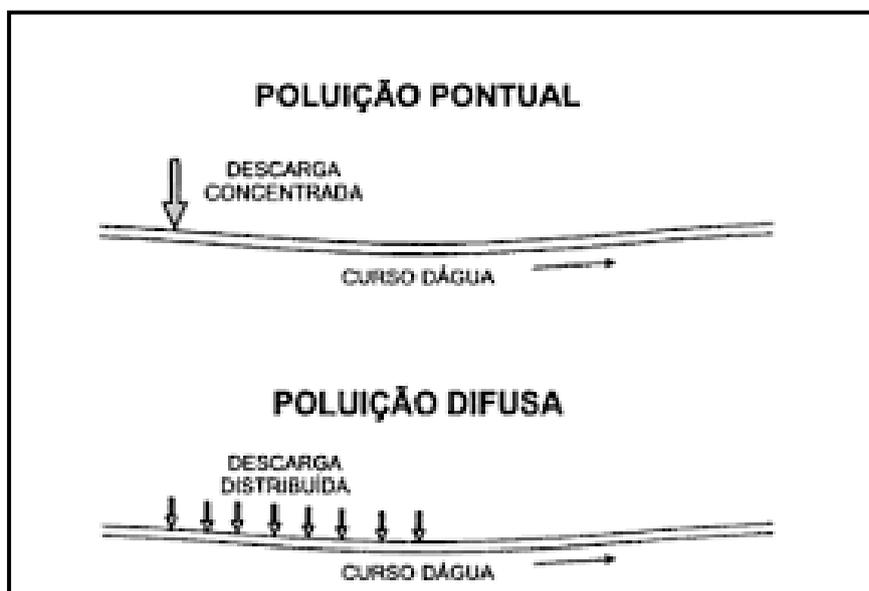
Poluição: a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) Afetem desfavoravelmente a biota;
- d) Afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) Lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Os principais poluentes são sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nutrientes (fósforo e nitrogênio), organismos patogênicos, metais, sólidos inorgânicos dissolvidos (VON SPERLING, 2005).

Esses poluentes podem atingir os reservatórios de duas formas, de forma *pontual* ou *difusa*. Von Sperling (2005) afirma que, na poluição pontual os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Na poluição difusa, os poluentes adentram o corpo d'água distribuídos ao longo de sua extensão (Figura 3).

Figura 3 – Poluição Pontual e Poluição Difusa



Fonte: Von Sperling, 2005.

Entretanto, o enfoque do estudo se dará apenas na poluição de forma pontual, pois tratam-se de reservatórios onde não há curso de água.

As preocupações relacionadas aos agentes de poluição são pertinentes, uma vez que os efeitos poluidores podem acarretar na inutilização das águas. Ocasionalmente

problemas com a toxidade, maus odores, espumas, condições sépticas, salinidade excessiva, adsorção de nutrientes, entre outros (HELLER; PÁDUA, 2016). Um dos principais problemas causados pelo excesso de nutrientes em um reservatório é a sua eutrofização.

3.10 Aspectos eutrofizantes das águas

A inutilização de reservatórios devido a eutrofização é preocupante, pois, pode trazer prejuízos econômicos e para a saúde pública. Thomann e Mueller (1987) conceituam eutrofização como um crescimento excessivo de plantas aquáticas e algas a níveis tais que sejam considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo aquático.

As algas são uma designação abrangente de plantas simples, a maior parte microscópica, que incluem tanto as plantas de movimentação livre, o fitoplâncton, e as algas bênticas aderidas (THOMANN; MUELLER, 1987). Esteves (1988) na sua obra Fundamentos de Limnologia define a eutrofização como o aumento da concentração de nutrientes, especialmente, fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, e tem como consequência o aumento de suas produtividades.

Esse fenômeno acontece principalmente em lagos e represas, embora possa ocorrer em rios, uma vez que, as condições ambientais são mais desfavoráveis para o crescimento de algas (ANA, 2019).

Os efeitos indesejáveis da eutrofização são vários, entre eles: maus odores, mortandade de peixes, redução na navegação e capacidade de transporte, contaminação da água destinada ao abastecimento público. A produção de energia hidroelétrica pode ser afetada pela presença excessiva de macrófitas aquáticas. Em alguns casos, as toxinas podem estar presentes na água após o tratamento da água, o que pode agravar seus efeitos crônicos (ANA, 2018).

A eutrofização consiste no enriquecimento das águas por nutrientes (geralmente azoto e fósforo, embora seja normalmente o fósforo o nutriente mais limitante dos dois) que proporcionam um rápido crescimento do fitoplâncton, provocando um aumento da turbidez da água (LAMPARELLI, 2004).

Para medir o grau de trofia é utilizado o Índice de Estado Trófico (IET), que avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas (LAMPARELLI, 2004).

De acordo com Carlson (1977), para a medição do índice baseado na biomassa fitoplanctônica presente em um determinado corpo d'água são adotadas três variáveis: clorofila *a*, transparência (disco de Secchi) e fósforo total, que estimam, independentemente, a biomassa algal.

Na presente pesquisa usaremos os valores do fósforo total para estimar o nível da biomassa algal. Mahan e Myers (1993), afirmam que o fósforo é o décimo segundo elemento mais abundante na natureza, apresentando-se na forma de rochas fosfatadas.

Segundo Emidio (2012), o fósforo é liberado pelas rochas fosfatadas por intemperismo, erosão natural e pela ação humana. Uma vez libertado no ecossistema, o fósforo pode ser assimilado pelas plantas e/ou chegar aos corpos aquáticos por infiltração e lixiviação pelas águas das chuvas.

O fósforo é um macronutriente essencial às plantas e aos animais (Schlesinger 1991). Sobre a função do fósforo no ecossistema Spellman (2003) descreve que:

O fósforo pode ser assimilado pelas plantas e/ou chegar aos corpos aquáticos por infiltração e lixiviação pelas águas das chuvas. Uma vez presente nas águas, grande parte acaba em sedimentos profundos (formação de novas rochas fosfatadas) e outra parte é assimilada pelos organismos aquáticos, principalmente os produtores primários, sob a forma de fósforo inorgânico dissolvido, incorporando assim na parte viva do ecossistema (fósforo orgânico).

Nutrientes como o fósforo, são uma das principais causas de eutrofização de rios, lagos e reservatórios. A eutrofização das massas hídricas superficiais constitui assim um dos mais significativos problemas a nível de planejamento e de gestão dos recursos hídricos (Rodrigues et al., 2004). Devido a esses fatores, é fundamental identificar o estado trófico dos tanques estudados.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na comunidade rural São Francisco, localizado no município de Cabaceiras que possui uma área de 452,925 Km², inserido na mesorregião da Borborema, na microrregião do Cariri Oriental. Limitado pelas coordenadas geográficas 7° 21'32,68" e 7° 36'04,86" de Latitude Sul e 36° 11'36,54" e 36° 26'17,48" de longitude Oeste (AESAs, 2017).

Atualmente o município conta com uma população estimada em 5.570 habitantes, sua densidade demográfica de 11,12 hab/Km² e o IDH é de 0,611, sendo 2.217 da zona urbana e 2.818 da zona rural (IBGE, 2015). A população do município sofreu uma intensa transformação, passando a urbana de 15,56% do total em 1970, para 41,20% no ano 2000 (SILVA; SILVA, 2009).

O município é limitado ao Norte pelo município de Campina Grande, ao Sul pela Barra de São Miguel e São Domingos do Cariri, ao Leste pelo Boqueirão e a Oeste pelo São João do Cariri.

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da área de estudo é considerado do tipo Bsh - semiárido quente, com precipitação predominantemente abaixo de 600 mm/ano. As chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de Sudeste e do Norte (FRANCISCO, 2010). A altitude média é de aproximadamente 500 metros (IBGE, 2011).

De acordo com Sousa et al. (2007), a vegetação predominante é do tipo Caatinga hiperxerófila e as espécies mais encontradas são: jurema (*Mimosa tenuiflora* – Willd. Poiret.), marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), mandacaru (*Cereus jamacaru* P.DC.) e xique-xique (*Pilocereus gounelliei* – Webber, Byl. Et Rowl).

Do ponto de vista geomorfológico, encontra-se na unidade denominada Planalto da Borborema, que tem formas tabulares e convexas. O Planalto da Borborema constitui-se como um dos mais importantes acidentes geográficos da Região Nordeste, exercendo na Paraíba um papel de particular importância no conjunto do relevo e na diversificação do clima (SOUSA et al., 2003).

Segundo Ferreira (1960) *apud* Silva e Silva (2009), em meados do século XVII, mais precisamente em 1670, os primeiros exploradores chegaram ao vilarejo de Cabaceiras, tendo sido Antônio de Oliveira, o fundador da Vila de Boqueirão, que

inseriu o primeiro núcleo de casas de branco que a comuna possuiu, sendo elevada à categoria de município em meados de 1834.

Cabaceiras compreende um dos 12 municípios que formam o Cariri Oriental. Os Cariris paraibanos estão entre as áreas mais degradadas pela ação antrópica, com território em processo de desertificação (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002).

De acordo com os objetivos definidos para esta pesquisa, a área de estudo abrange o espaço geográfico dos Cariris paraibanos, mais especificamente a sub-bacia do rio Taperoá, cujos territórios integram a porção semiárida da bacia do rio Paraíba do Norte.

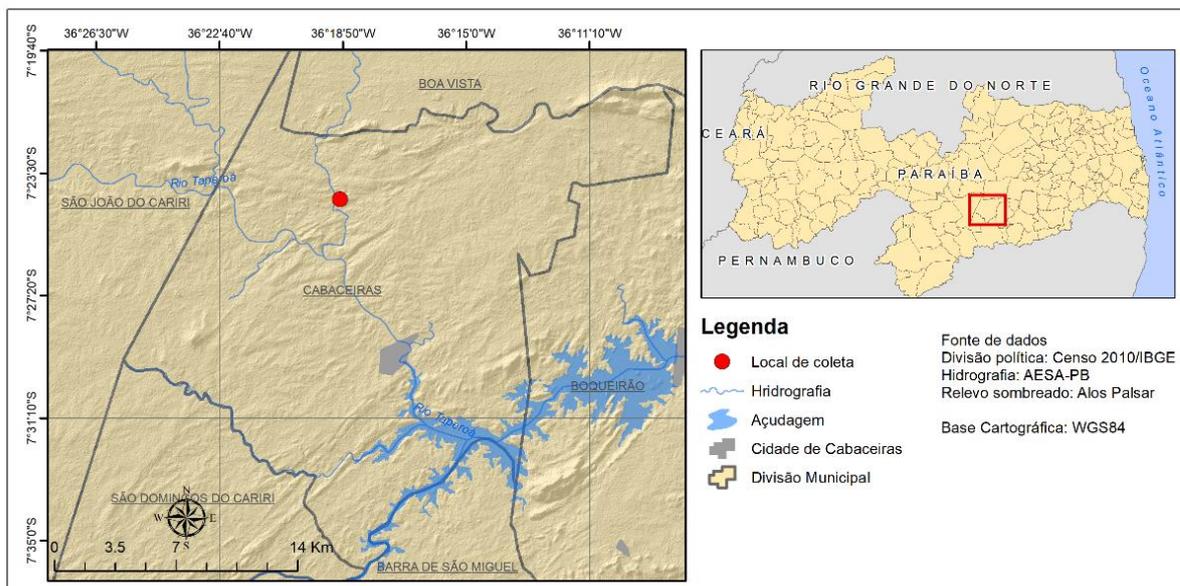
Dessa maneira, foi escolhida a comunidade São Francisco, que é subdividida em cinco localidades: Caruatá de Dentro, Alto Fechado, Jerimum, Rio Direito e Malhada Comprida. As análises foram realizadas em Caruatá de Dentro, num sítio que tem em média 12 famílias no entorno. Foram escolhidos três pontos em um afloramento rochoso com tanques que tem suas águas utilizadas de forma indireta por esta comunidade.

Segundo Silva et al. (2014) a comunidade também dispõe de um grupo escolar que funciona como uma extensão de uma escola municipal, denominado Escola Municipal de Ensino Fundamental Maria Neuly Dourado. Também conta com uma capela da Igreja Católica e um salão que funciona como um posto médico com atendimento quinzenal à comunidade e as circunvizinhas, além de duas associações de agricultores.

Ainda de acordo com o levantamento realizado por Silva et al. (2014) na comunidade se desenvolve uma atividade agropastoril de subsistência, tendo a criação de caprinos, ovinos e bovinos. Os cultivos agrícolas são: feijão, milho, palma, entre outros.

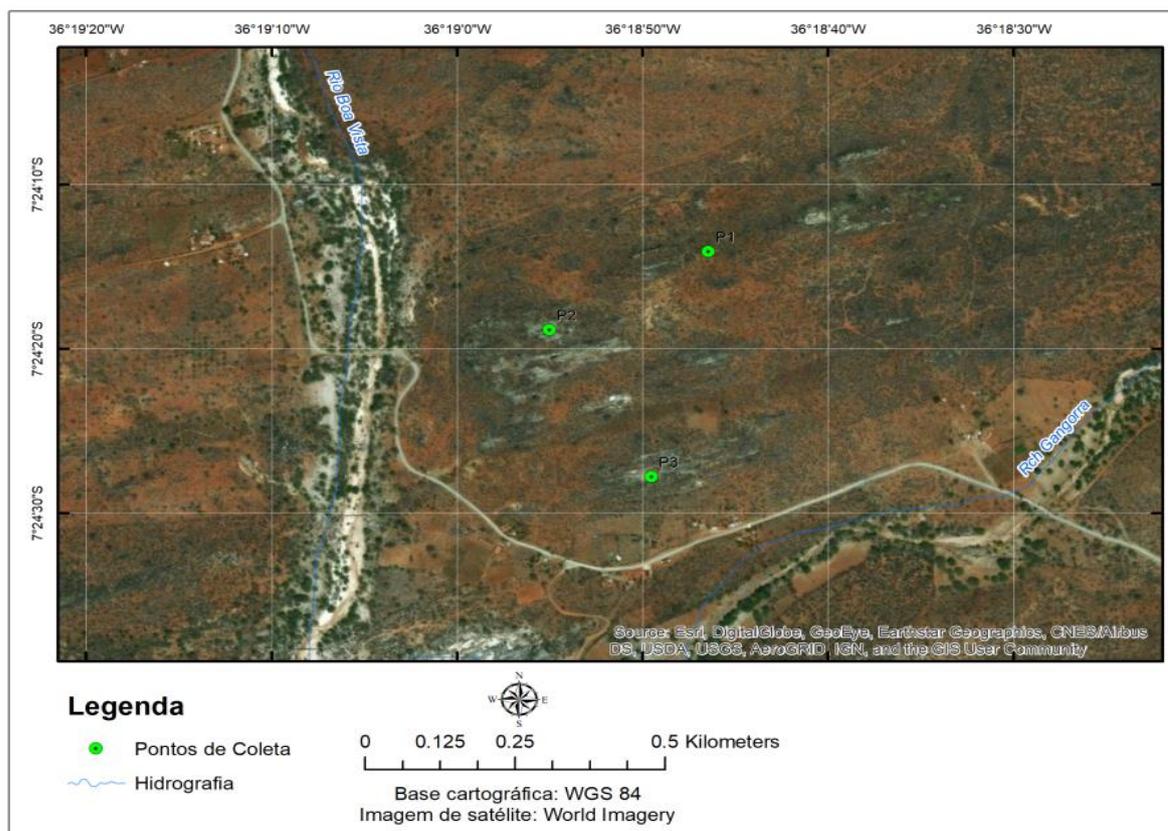
Na vegetação nativa, há predomínio do estrato arbustivo-arbóreo com muitas espécies de cactáceas a exemplo do mandacaru (*Cereus jamacaru* DC.), coroa-de-frade (*Melocactus* sp.) e espécies arbóreas a exemplo do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), catingueira (*Poincianella pyramidalis* Tul.), dentre outras, que possuem valor alimentício animal ou humano, além de outras finalidades, principalmente, nos períodos de seca, quando há escassez de alimentos (SILVA et al., 2014). Na figura 04 é possível verificar o mapa de localização do município, na sequência, na figura 05 a localização dos pontos.

Figura 3 – Mapa da localização do município de Cabaceiras, PB.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 4 – Mapa de localização dos pontos analisados em Caruatá de Dentro, Cabaceiras, PB.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Os três pontos estão localizados no mesmo lajedo, se diferenciando pelo tamanho e por formas de proteção e utilização, que podem ser visualizados nas figuras 6, 7 e 8.

Figura 5 – Ponto 01, conhecido pela comunidade como tanque de emergência.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 6 – Ponto 02, tanque de pedra com várias plantas aquáticas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

Figura 7 – Ponto 03, tanque coberto por algas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2018.

O método utilizado na pesquisa será o indutivo de natureza quanti-qualitativa. Os procedimentos metodológicos foram constituídos de levantamento bibliográfico, pesquisa em campo, trabalhos de laboratório e gabinete. No desenvolvimento desta pesquisa, devido aos diversos aspectos teóricos e práticos foi fundamental uma ampla revisão bibliográfica em livros, revistas, periódicos e internet.

Para a realização das análises bacteriológicas (coliformes totais e termotolerantes) e físico-química da água, os procedimentos foram realizados de acordo com as técnicas fornecidas pelo Manual Prático de Análise de Água fornecido pela Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2013) atendendo ao Artigo 22 da Portaria Nº 5/2017 do Ministério da Saúde.

De acordo com as normas nacionais e internacionais mais recentes, tais como: I - *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*; II - *United States Environmental Protection Agency (USEPA)*; III - Normas publicadas pela *International Standardization Organization (ISO)*; e Metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

4.2 Análise Bacteriológica

4.2.1 Coliformes Totais e Termotolerantes

Para a análise de confirmação de ausência ou presença de coliformes totais e termotolerantes foi utilizada a técnica dos tubos múltiplos. Na primeira etapa foram retirados assepticamente 25 mL de amostra e preparadas três diluições sucessivas (0,1; 0,01 e 0,001) e para cada diluição foram utilizados três tubos contendo 10 mL de Caldo Lactosado (C.L) com tubos de *Durhan* invertidos, os quais foram, posteriormente, incubados de 35 a 37°C por 24 horas.

Os tubos que apresentaram formação de gás no Caldo Lactosado, tiveram alíquotas semeadas em tubos contendo 5 mL de Caldo verde brilhante a 2% (VB) contendo tubos de *Durhan* invertidos para o crescimento de coliformes totais. Em uma segunda etapa, os tubos positivos para VB foram transferidos para tubos contendo caldo com *Escherichia coli* (E.C.), meio confirmatório para coliformes termotolerantes (E.C.) e deixados em banho maria de 44,5 a 45°C durante 24 horas. A positividade do teste foi observada pela produção de gás no interior dos tubos de *Durhan*. Os resultados foram quantificados, em seguida, contabilizados na tabela do Número Mais Provável (NMP) e os resultados foram expressos em Unidade Formadora de Colônia (UFC).

4.3 Análise Físico-química

Para a medição dos parâmetros físico-químicos utilizou-se os métodos clássicos e instrumentais. Para os parâmetros de pH (mg/L), temperatura (°C), condutividade elétrica (uS/cm) e Cor (Pt/Co) foi adotado o método instrumental, especificamente, o método eletroanalítico que consiste na medição das propriedades elétricas (potencial, corrente, resistência e quantidade de carga elétrica) de uma substância ou composto com o objetivo de determinar sua concentração, utilizando eletrodos e sensores (FINOTTI, 2009). Na presente pesquisa, foi utilizado para esses parâmetros a Multisonda paramétrica da marca Hanna de modelo HI 9829. As análises dos parâmetros supracitados foram realizadas *in loco*.

Para a determinação da turbidez (UNT) o método nefelométrico foi adotado, que se baseia na comparação da intensidade de luz espalhada pela amostra em condições definidas, com a intensidade da luz espalhada por uma suspensão considerada padrão (FINOTTI, 2009). O turbidímetro é o aparelho utilizado para a

leitura. Este aparelho é constituído de um nefelômetro, sendo a turbidez expressa em unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

O método clássico da Titulometria foi utilizado nas medições da Alcalinidade Total, Acidez Total, Acidez Carbônica, Acidez Residual, Dureza total, Dureza de cálcio, Dureza de Magnésio, Cloretos.

Esse método consiste na técnica mais comum para a determinação da concentração de soluto, onde um volume conhecido de amostra (analito) reage com um volume de solução conhecida (titulante) (FINOTTI, 2009).

4.3.1 Alcalinidade Total

Método de determinação: Titulação com Ácido Sulfúrico.

Material necessário:

a) pipeta volumétrica de 50 mL; b) frasco Erlenmeyer de 250 mL; c) bureta de 50 mL; d) fenolftaleína; e) indicador metilorange; f) mistura Indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila; g) solução de ácido sulfúrico 0,02 N; h) solução de tiosulfato de sódio 0,1 N.

Técnica: a) tomar 50 mL da amostra e colocar no Erlenmeyer; b) adicionar 3 gotas da solução indicadora de verde de bromocresol/vermelho de metila; c) titular com a solução de ácido sulfúrico 0,02 N até a mudança da cor azul-esverdeada para róseo; d) anotar o volume total de H_2SO_4 gasto (V) em mL. Cálculo:

$$\text{Alcalinidade total em mg/L de } CaCO_3 = V \times 20 \quad (1)$$

4.3.2 Acidez Total/Carbônica/Residual

Método de determinação: Titulométrico com indicador

Material necessário:

a) 2 Erlenmeyer de 250 mL; b) 1 béquer de 100 mL; c) 1 proveta de 100 mL; d) 1 funil de haste curta 1 bureta de 25 ou 50 mL; e) 1 pipeta volumétrica de 100 mL; f) 1 pera insufladora de ar; g) 1 vidro de relógio; h) 1 espátula balança analítica; i) 1 suporte universal; j) 1 garra para bureta papel de filtro quantitativo.

Determinação da acidez da amostra:

a) Com pipeta volumétrica transferir 100 mL da amostra homogeneizada, para um Erlenmeyer 250 mL. b) Adicionar 3 a 4 gotas de fenolftaleína, e titular com solução de hidróxido de sódio 0,02 mol/L, com agitação constante. c) Anotar o volume gastos de hidróxido de sódio 0,02 mol/L. A acidez dada em mg/L de CaCO₃ pode ser obtida pela equação:

$$\text{mg/L CaCO}_3 = \frac{V \times Fc \times 1,0 \times 1000}{V_a} \quad (2)$$

4.3.3 Dureza Total/Cálcio/Magnésio

Método de determinação: Titulação com EDTA

Material necessário:

a) bureta de 50 mL; b) pipeta volumétrica de 25 mL; c) balão volumétrico de 50 mL; d) becker de 100 mL; e) frasco Erlenmeyer de 250 mL; f) solução-padrão de EDTA 0,01 M; g) solução tampão; h) indicador *eriochrome black T*; i) inibidor I - cianeto de sódio P.A em pó; j) inibidor II - sulfeto de sódio.

Técnica:

a) tomar 25 mL da amostra e diluir para 50 mL com água destilada em balão volumétrico; b) transferir para um becker de 100 mL e adicionar 1 a 2 mL da solução tampão para elevar o pH a $10 \pm 0,1$; c) transferir para um frasco Erlenmeyer de 250 mL e adicionar aproximadamente 0,05 gramas do Indicador negro de eriocromo T; d) titular com EDTA 0,01M agitando continuamente até o desaparecimento da cor púrpura avermelhada e o aparecimento da cor azul (final da titulação); e) anotar o volume de EDTA gasto (mL); f) fazer um branco com água destilada; g) subtrair o volume de EDTA gasto na titulação do branco do volume de EDTA gasto na titulação da amostra. A diferença é o volume que será aplicado no cálculo. Cálculo:

$$\text{Dureza Total em mg/L CaCO}_3 = \frac{\text{ml de EDTA} \times 1000 \times Fc}{\text{ml de amostra}} \quad (3)$$

4.3.4 Cloretos

Método de determinação: Titulação com Nitrato de Prata

Material necessário:

a) bureta de 50 mL; b) becker de 250 mL; c) frasco Erlenmeyer de 250 mL; d) medidor de pH; e) proveta de 100 mL; f) solução-padrão de nitrato de prata 0,0141N; g) solução indicadora de cromato de potássio K_2CrO_4 ; h) hidróxido de sódio 1N; i) ácido sulfúrico 1N; j) cloreto de sódio 0,0141 N.

Técnica:

a) colocar 100 mL de amostra no Erlenmeyer; b) ajustar o pH entre 7 e 10, se necessário, com NaOH ou H_2SO_4 ; c) adicionar 1 mL da solução indicadora de K_2CrO_4 ; d) titular com a solução-padrão de nitrato de prata 0,0141 N até a viragem para amarelo avermelhado que é o ponto final da titulação; e) fazer um branco da mesma maneira que a amostra.

Cálculo:

$$\text{mg/L Cl} = \frac{(A - B) \times N \times 35,45}{\text{mL da amostra}} \quad (4)$$

4.3.5 Espacialização dos pontos

Para a confecção do mapa, foi utilizado um GPS (*Global Processing System*) de navegação *Garmim Etrex Vista*. Foram coletadas as posições geográficas dos pontos. Por conseguinte, com a utilização do *software Global Mapper*, os dados foram convertidos em *shapefile*. Em seguida, para a geração do mapa foram coletados os arquivos vetoriais (*shapefile*) que são disponibilizados gratuitamente no site do IBGE, com projeção geográfica, *datum Sirgas2000* que foram inseridos em um software de SIG (*ArcGIS 9.3*). Para o georreferenciamento, foram utilizadas imagens do *Google Earth*.

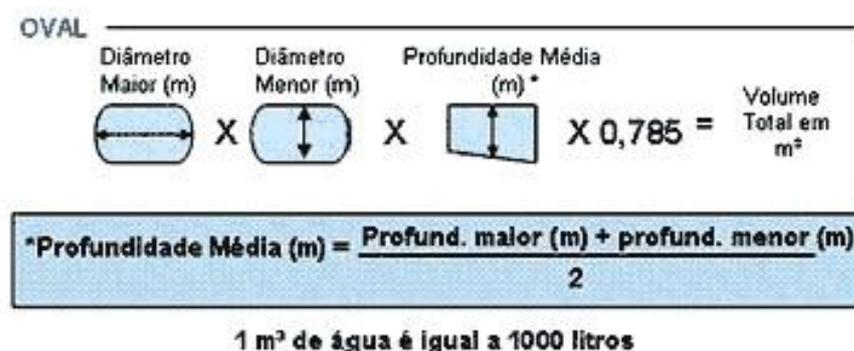
Posteriormente, os pontos coletados foram exportados para o módulo *ArcMap*, finalizando a produção do mapa, que permite visualizar os pontos onde foram coletadas as amostras de água.

4.4 Estimativa de volume

Para estimar o volume de armazenamento de água da chuva, foi utilizado o cálculo da área de captação do Tanque de Pedra. O “croqui” estabelecido permitiu aproximar a área de uma figura geométrica conhecida, no caso uma elipse. De posse dessas medições, foram calculadas as áreas parciais e o somatório representou a área final.

Foi calculado a partir da fórmula para identificação de volume de reservatórios em formato de elipse ou elipsoidal, medindo-se e multiplicando o diâmetro maior (comprimento C) o diâmetro menor (Largura L) a profundidade média vezes e a constante 0,785.

Figura 9 – Esquema do cálculo



Fonte: TUCCI, 2008.

4.5 Índice de Estado Trófico (potencial de eutrofização)

Nesse índice, o resultado foi calculado a partir dos valores de fósforo, a partir da metodologia proposta por Lamparelli (2004), ressaltando que devem ser entendidos como uma medida do potencial de eutrofização, visto que, este nutriente atua como um dos principais agente causador do processo.

Em reservatórios, o cálculo do IET a partir dos valores de fósforo é feito pela fórmula:

$$\text{IET} = 10 \times \left(6 - \left(1,77 - 0,42 \times \frac{\ln. \text{PT}}{\ln(2)} \right) \right) \quad (5)$$

Onde o fósforo total (PT) é expresso em $\mu\text{g/L}$.

O fosforo total foi determinado pelo método colorimétrico automático com reagente molibdato/antimonil/ácido ascórbico, segundo *Standard Methods* (APHA, 1998). Para a determinação, cada amostra foi previamente submetida à digestão com mistura de ácido sulfúrico, sulfato de potássio e óxido de mercúrio, a 300 °C, por duas horas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos levantamentos de dados realizados na área de estudo, foi possível identificar os usos dos tanques pela comunidade e descrevê-los. Ressalta-se que o lajedo ao qual estão inseridos os reservatórios tem o acesso por uma propriedade privada, especificamente, um sítio que tem em seu entorno aproximadamente 12 (doze) famílias (residências) que utilizam direta ou indiretamente as águas dos tanques.

Nas informações obtidas através de relatos da comunidade, desde a implantação das cisternas de placas, as águas dos reservatórios já não são utilizadas com a mesma frequência do passado. Atualmente, são utilizadas para atividades como lavagem de roupas pelas famílias que residem mais próximas aos tanques e/ou para dessedentação dos animais (caprinos, aves).

O tanque 01 é o maior reservatório, popularmente conhecido como “tanque da emergência”, que segundo a população sua estrutura é natural. Entretanto, foi retirado o sedimento do fundo para aumentar a capacidade de armazenamento da água. De acordo com as medições realizadas, estima-se que a capacidade de armazenamento seja de 103,3 m³, suas águas são mais translúcidas que os demais tanques estudados, mesmo nos períodos mais secos. Por ser o tanque de menor profundidade, são utilizados pelos habitantes mais idosos para banho e se refrescar, de forma recreativa.

O tanque 02 é conhecido como “tanque da cobra” e tem esse nome porque foi encontrado uma cobra dentro do tanque no passado. É pouco utilizado pela população, pois, possui águas são turvas e é profundo, com a presença de plantas aquáticas e algas. Seu volume é de aproximadamente 51 m³.

O tanque 03, tem uma estrutura de madeira posta pelos moradores do seu entorno que simula uma cobertura. De acordo com a comunidade sua água já foi bastante utilizada por ser o mais próximo das residências, a proteção foi posta para evitar que os animais, especificamente os caprinos, fizessem o uso para dessedentação. Suas águas são completamente esverdeadas, acredita-se que seja devido a quantidade de algas existentes. Sua capacidade de armazenamento é de aproximadamente 26,8 m³.

5.1 Resultados Bacteriológicos

Nos resultados das análises apresentadas na tabela 2, mostram os valores obtidos acerca das análises bacteriológica, referentes a quantificação dos coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia coli*), nos três pontos estudados.

Tabela 2 – Resultados das análises bacteriológicas.

Bacteriológico	P01 (NMP)	P02 (NMP)	P03 (NMP)	Mês	Período
Coliformes Totais	17	170	350	Mai/2018	Chuvoso
<i>Escherichia coli</i>	8	Ausente	13	Mai/2018	Chuvoso
Coliformes Totais	1600	1600	1600	Dez/2018	Seco
<i>Escherichia coli</i>	8	8	14	Dez/2018	Seco
Coliformes Totais	1600	1600	1600	Jan/2019	Seco
<i>Escherichia coli</i>	14	8	14	Jan/2019	Seco
Coliformes Totais	700	900	900	Fev/2019	Chuvoso
<i>Escherichia coli</i>	13	50	50	Fev/2019	Chuvoso

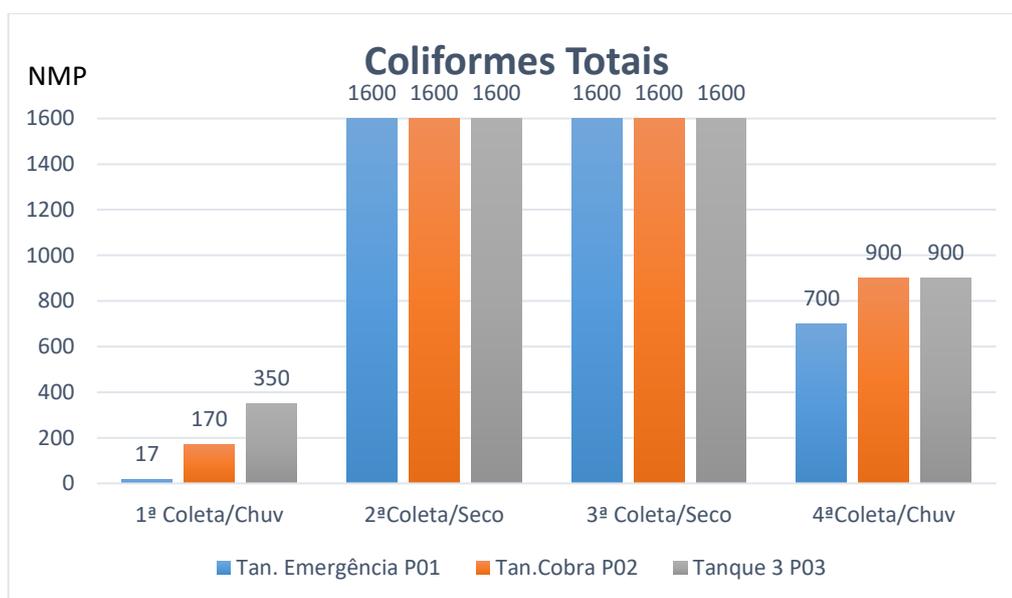
Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

A Portaria nº 5 /2017 do Ministério da Saúde estabelece que seja verificada na água para consumo humano para garantir sua potabilidade, a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli*.

Von Sperling (2005) afirma que um fator de grande relevância em termos da qualidade biológica da água é a possibilidade da transmissão de doenças. Como a maior parte das doenças associadas à água são transmitidas por via fecal, os coliformes podem ser considerados os principais indicadores de contaminação ambiental e fecal.

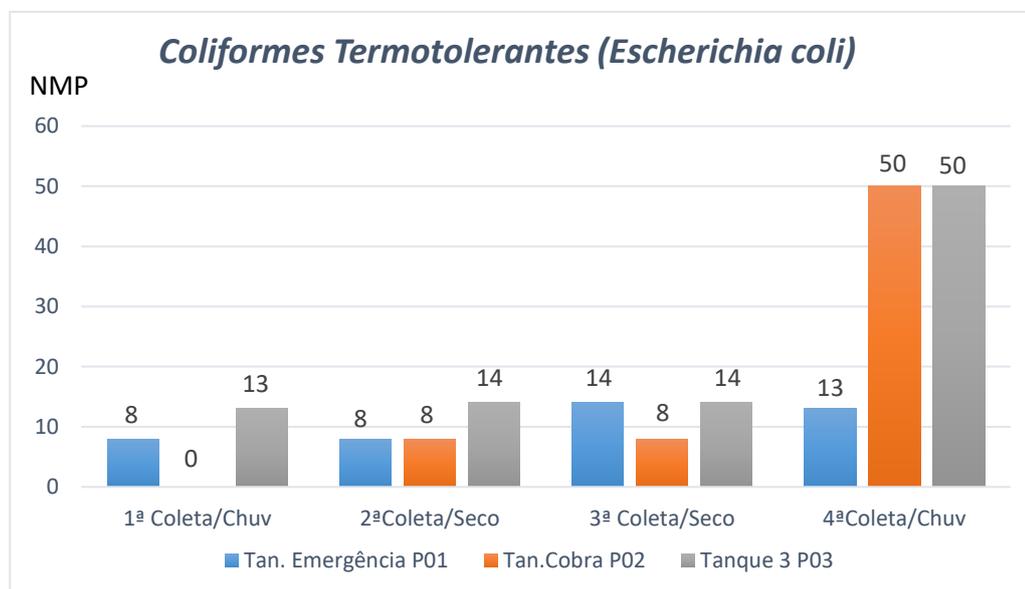
Os resultados são apresentados em NMP, que significa Número Mais Provável de bactérias por 100ml de água, ou seja, os números apresentados correspondem a estimativa de bactérias encontradas na quantidade de água supracitada. As figuras 10 e 11, demonstram as variações dos coliformes totais e termotolerantes nos pontos estudados.

Figura 8 – Gráfico das variações dos valores dos Coliformes Totais.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Figura 11: Gráfico das variações dos valores dos Coliformes Termotolerantes (E.C)



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Os pontos P01, P02 e P03 deram positivo para a presença de coliformes totais em todos os pontos, variando os valores a cada coleta. Os resultados são expressos

com o menor valor de 17 NMP/100ml encontrado no P01 e o maior valor diagnosticado nos tanques P02 e P03 correspondente a 1600 NMP /100ml.

Com relação aos resultados dos coliformes termotolerantes, destaca-se no P02 a sua ausência, como previsto na normativa de qualidade de água para consumo humano. No ponto P02 e P03 houve presença desse grupo de bactérias, embora com o valor, correspondente a 50 NMP/100mL, que com base nas normas de saúde pública, impediriam o seu uso para consumo humano e dessedentação animal.

O estudo nos reservatórios analisados tem por premissa identificar os possíveis usos de suas águas. Deve-se compreender que, para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais, conforme classificação da Resolução CONAMA n° 357/2005, é necessário efetuar a caracterização físico-química e bacteriológica da água, ou seja, avaliar a sua qualidade.

Contudo, todos os pontos deram positivos para coliformes totais e termotolerantes, com exceção apenas do P02 na segunda coleta.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2018), que é uma das maiores referências no assunto, afirma que é de extrema importância a determinação da concentração dos coliformes, uma vez que, a presença desse indicador dá a possibilidade de existência de microrganismos responsáveis por doenças, tais como febre tifoide, febre paratifoide, desintéria bacilar e cólera.

Contudo, Von Sperling (2005) ressalta que em relação aos coliformes totais, dada a sua incidência em águas e solos contaminados, os mesmos representam outros organismos de vida livre e não intestinal. Por esta razão, os coliformes totais não devem ser utilizados como indicadores de contaminação fecal em águas superficiais, apenas o coliforme termotolerante (*E.coli*).

Entretanto, a *World Health Organization - WHO* (1993) relata que, para o caso específico de abastecimento e consumo doméstico da água, a mesma não deve conter coliformes totais, e quando encontrados, sugerem tratamento inadequado, contaminação posterior ou nutrientes em excesso na água.

No caso analisado neste trabalho, por se tratar de águas brutas, condicionadas num ambiente livre sem nenhum tipo de proteção ou tratamento primário, os resultados encontrados em relação, exclusivamente, aos coliformes totais são esperados, uma vez esse grupo de bactérias podem ser encontrados em amostras de águas e solos poluídos e não poluídos (VON SPERLING, 2005).

Ainda assim, a regra anteriormente destacada não se aplica aos coliformes termotolerantes, que são indicadores de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e outros animais, sendo, portanto, um indicador de contaminação fecal. Nesse contexto, a *Escherichia coli* é a principal bactéria desse grupo, sendo abundante nas fezes humanas (WHO, 1993).

Ainda sobre essa bactéria, Von Sperling (2005) explica que a sua detecção não dá garantia de que a contaminação seja humana, já que *E. coli* pode ser encontrada também em fezes de outros animais. No entanto, há algumas cepas de *E. coli* que são patogênicas, o que não invalida seu conceito de bactérias indicadoras de contaminação fecal.

O autor anteriormente citado explana ainda que a detecção da contaminação fecal exclusivamente humana pressupõe a realização de sofisticados testes bioquímicos complementares, usualmente não efetuados em análises rotineiras (VON SPERLING, 2005).

Heller et al. (1997) chama a atenção para o fato de que a qualidade de água, em si, apesar de bastante relevante não parece constituir o melhor indicador de saúde de uma população, entretanto, está relacionada intimamente à qualidade de vida, morbidade e mortalidade por enfermidades diarreicas de diferentes etiologias.

Para a dessedentação animal a legislação vigente não estima um valor mínimo permissível para a presença de coliformes, pela interpretação da Lei nº 9.433/97, a Lei das Águas em seu terceiro fundamento, onde diz que em “situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”, interpreta-se que a qualidade da água deve ser a mesma do consumo humano.

De acordo com o Decreto nº 9.013 do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2017), que dispõem sobre a inspeção industrial de produtos de origem animal, em todo o processo deve constar no ambiente de produção animal água potável de acordo com Portaria nº 5/2017 (BRASIL, 2017). Contudo, a resolução nº 396 do Conama, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, em seu Art. 35, nas disposições finais, afirma que: “Deverão ser fomentados estudos para definição de Valores Máximos Permitidos (NMP) que reflitam as condições nacionais, especialmente para dessedentação de animais e irrigação.” (BRASIL, 2006). Porém, mesmo fazendo essa observação a

mesma resolução define valor máximo permitido para dessedentação animal de 200NMP/100ml para os coliformes totais e termotolerantes.

Para possíveis utilizações das águas dos reservatórios em quintais produtivos, os coliformes termotolerantes, onde está incluso o grupo de bactérias *E. Coli*, a legislação brasileira por meio da RDC nº 12, de 2 de janeiro de 2001, estabelece limites microbiológicos para coliformes fecais (termotolerantes) em hortaliças *in natura* podendo apresentar até 102 NMP g⁻¹ (BRASIL, 2001).

No entanto a legislação brasileira não possui um padrão para coliformes totais em hortaliças. O monitoramento desses microrganismos se faz necessário, visto que, são deteriorantes potenciais que pertencem ao grupo dos bioindicadores de higiene dos alimentos (SREBERNICH, 2007; ARBOS et al., 2010).

Um estudo realizado por Santos et al. (2010), acerca da “Qualidade higiênico-sanitária das hortaliças”, afirma que foram encontrados índices elevados de contaminação por coliformes a 45°C. Dentre as hortaliças analisadas, a alface e o coentro foram os que apresentaram maior incidência de contaminação; e nas amostras de água de irrigação, 89% foram positivas para coliformes totais e 87% apresentaram coliformes termotolerantes. Ou seja, as contagens elevadas de coliformes podem indicar condições higiênico-sanitárias insatisfatórias no processamento ou pós-processamento dos alimentos (ASSIS; UCHIDA, 2014).

5.2 Resultados Físico-químicos

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas das águas variam de acordo com as características de cada ponto (Tabela 3 e 4).

Os resultados encontrados identificaram valores de temperatura variando, no geral, em torno de 8 °C. Nesse caso, o menor valor encontrado no P02 correspondente a 26.47 °C e o maior valor encontrado no mesmo ponto nas coletas seguintes no período mais seco, o equivalente a 33,03 °C.

A temperatura é um parâmetro de grande importância, uma vez que, sua elevação aumenta a taxa das reações físicas, químicas e biológicas, diminuindo a solubilidade dos gases e aumentando a taxa de transferência dos mesmos (VON SPERLING, 2005).

Geralmente esse parâmetro sempre deve ser analisado em conjunto com outros, uma vez que ele sozinho não possibilita uma interpretação completa do corpo hídrico.

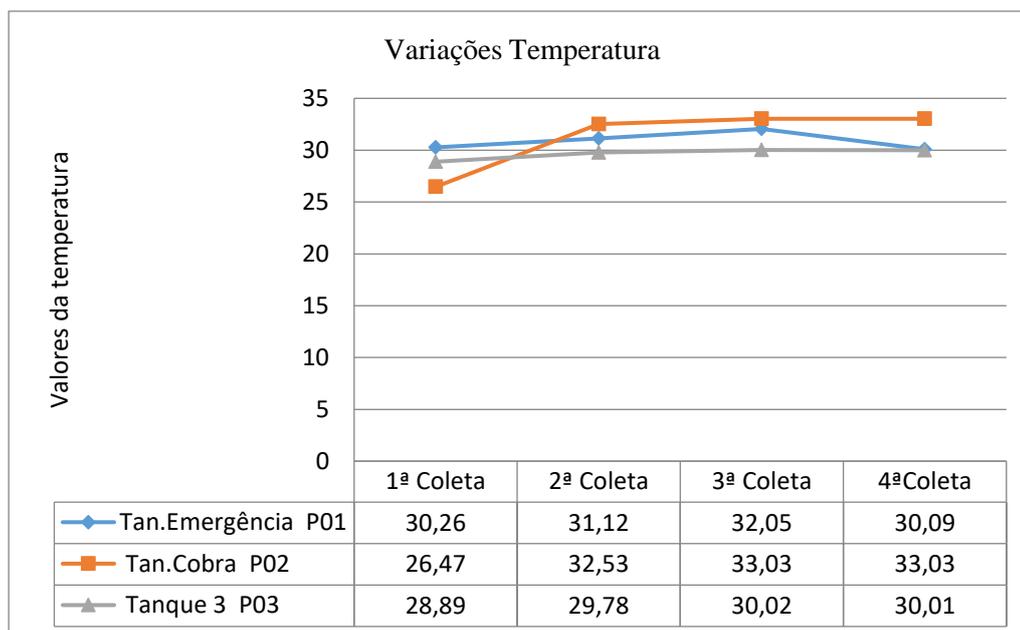
Tabela 3 – Resultados dos parâmetros físicos.

PARÂMETROS FÍSICOS	P1	P2	P3	Limites Port. nº 5 MS	Mês	Período
Temperatura (°C)	30,26	26,47	28,89	-	Mai/2018	Chuvoso
	31,12	32,53	29,78		Dez/2018	Seco
	32,05	33,03	30,02		Jan/2019	Seco
	30,09	33,03	30,01		Fev/2019	Chuvoso
Cor (Pt/Co) (UH)	>100	>100	>100	15 UH	Mai/2018	Chuvoso
	>100	>100	>100		Dez/2018	Seco
	>100	>100	>100		Jan/2019	Seco
	>100	>100	>100		Fev/2019	Chuvoso
Turbidez (NTU)	4,0	6,0	25,0	5 mg/L	Mai/2018	Chuvoso
	4,5	5,0	31,0		Dez/2018	Seco
	4,8	6,0	33,0		Jan/2019	Seco
	4,0	6,5	35,0		Fev/2019	Chuvoso

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Há pouco estudos sobre os efeitos da temperatura nas águas em reservatórios. Vários fatores podem elevar a temperatura, como por ordem natural, através da transferência de calor por radiação, condução e convecção. De acordo com Von Sperling (2005), a origem de temperaturas por fonte antropogênica pode ocorrer através de despejos industriais e águas de torres de resfriamento.

Na legislação atual não é estipulado um valor limite para a temperatura das águas superficiais no semiárido. Na figura 12, é possível visualizar a dinâmica da temperatura nos pontos estudados.

Figura 12 – Gráfico dos valores da Temperatura.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No parâmetro de cor, os resultados obtidos em relação a Portaria nº 5/2017 MS foram fora dos padrões nos três pontos analisados. O resultado é expresso em UC (unidades de cor) e para abastecimento não pode ultrapassar o valor máximo de 15UC, visto que, é facilmente detectado pelos consumidores, tratando-se de uma água direcionada ao abastecimento público. Porém, são passíveis de tratamento para remoção da cor encontrado, implicando no delicado tratamento operacional (WHO, 1993).

A cor aparente é influenciada por matérias sólidas em suspensão que caracteriza a turbidez. Para a turbidez, a Portaria nº 5/2017 MS estabelece que o Valor Máximo Permitido é de 5,0 UT, em qualquer ponto da rede de distribuição como padrão de potabilidade. É um indicador sanitário e padrão organoléptico da água de consumo humano.

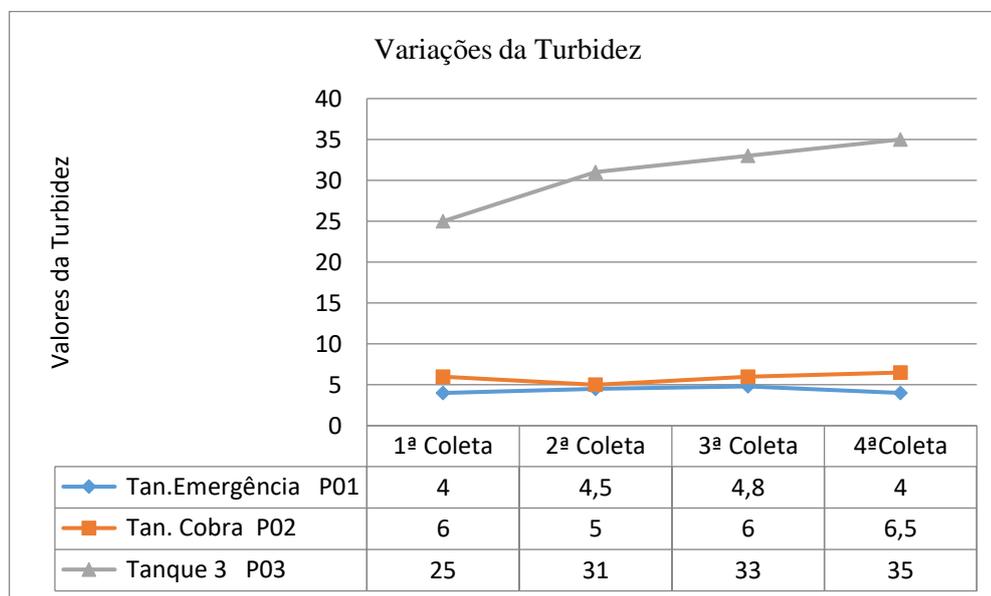
Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o limite máximo de turbidez em água potável deve ser 5 UNT. Contudo, em alguns casos, águas ricas em íons de Fe, podem apresentar uma elevação da turbidez quando entram em contato com o oxigênio presente no ar. Porém, reservatórios com elevado índice de eutrofização, a turbidez tende a ser elevada.

Von Sperling (2005) relata que a turbidez elevada pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos, reduzindo a penetração de luz do corpo de água, prejudicando a fotossíntese.

Os resultados indicaram que o menor valor foi encontrado no P01, correspondente a 4 UNT e o maior valor de 35 UNT no P03, ou seja, sete vezes a mais no que o valor máximo permitido.

Cavalcante (2014), no trabalho acerca da “Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural”, afirma que o atendimento ao padrão de turbidez também complementa as exigências nacionais relativas aos indicadores microbiológicos, uma vez que, a turbidez é um indicador. Ressalta-se que para a classificação de corpos de água doces de classe dois, os valores de turbidez são de 100 UNT, estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Sendo assim, para fins de classificação de rios, lagos e reservatórios os parâmetros de turbidez dos três pontos estudados estão dentro do padrão permitido. A figura 13 mostra as variações dos valores encontrados nos pontos analisados.

Figura 9 – Gráfico dos valores da Turbidez



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Na figura 14 é possível visualizar o aspecto estético dos três pontos. Fica evidente que o P03 visualmente se diferencia das demais amostras por sua cor e turbidez elevadas.

Figura 14 – Imagens das amostras.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A tabela 4, mostram os valores dos parâmetros químicos, que são: Condutividade elétrica, pH, acidez, durezas e cloretos.

O pH é o responsável pelas características corrosivas que a água apresenta. A água ácida pode causar danos para as tubulações, além de trazer problemas para saúde do usuário. Segundo a portaria de potabilidade, recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5. Os resultados das análises de pH da água dos pontos deste trabalho apresentaram valores entre 6,0 e 8,8, portanto dentro do recomendado para fins potáveis (Figura 15).

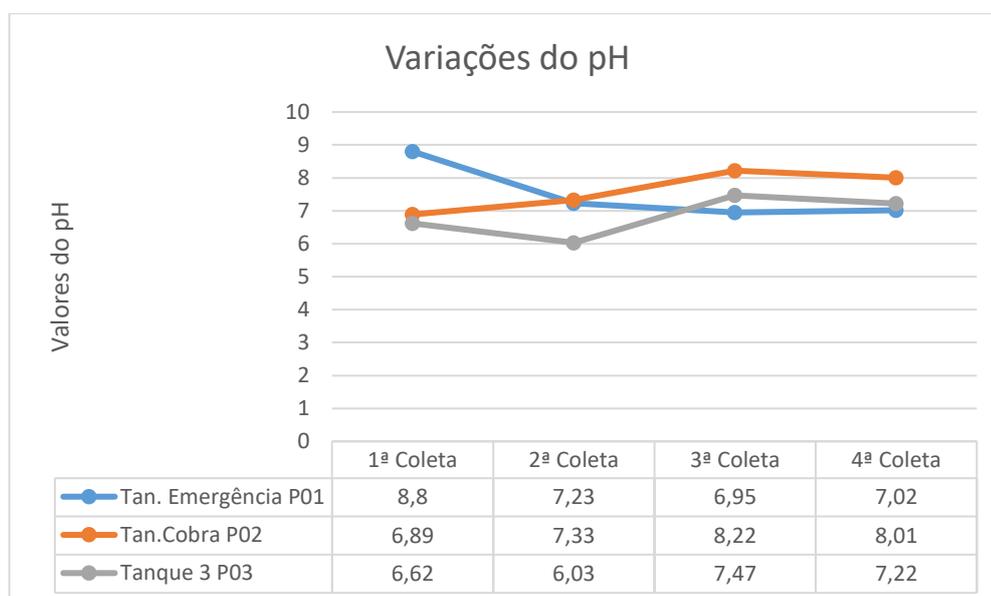
Para fins de classificação dos rios para águas salinas e águas salobras o limite do pH é mais baixo, correspondendo a 6,5 a 8,5. O pH afeta o metabolismo de várias espécies e, para proteção das espécies aquáticas, deve estar entre 6,0 e 9,0, segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, valores padrões para Classe 2 de Águas Doces (BRASIL, 2005).

Nos pontos estudados o pH encontra-se dentro dos valores permitidos, perante a legislação vigente.

Tabela 4 – Resultados dos parâmetros químicos.

PARAMETROS QUÍMICOS	P01	P02	P03	Limite		
				Por.Nº5 MS	Mês	Período
pH (mg/L)	8,80	6,89	6,62	6,0 a 9,5	Mai/2018	Chuvoso
	7,23	7,33	6,03	-	Dez/2018	Seco
	6,95	8,22	7,47	-	Jan/2019	Seco
	7,02	8,01	7,22	-	Fev/2019	Chuvoso
Condutividade Elétrica (uS/cm)	48,27	40,16	40,16	-	Mai/2018	Chuvoso
	68,25	177,0	430,6	-	Dez/2018	Seco
	80,50	172,0	396,3	-	Jan/2019	Seco
	80,90	108,0	380,3	-	Fev/2019	Chuvoso
Acidez Total (mg/L)	4,9	10,7	19,6	-	Mai/2018	Chuvoso
	6,8	7,8	12,8	-	Dez/2018	Seco
	7,2	7,2	12,9	-	Jan/2019	Seco
	7,0	6,9	12,2	-	Fev/2019	Chuvoso
Acidez Carbônica (mg/L)	3,9	3,9	7,8	-	Mai/2018	Chuvoso
	6,8	7,8	12,8	-	Dez/2018	Seco
	7,2	7,2	12,9	-	Jan/2019	Seco
	7,0	6,9	12,2	-	Fev/2019	Chuvoso
Acidez Residual (mg/L)	1,0	6,8	11,8	-	Mai/2018	Chuvoso
	0	0	0	-	Dez/2018	Seco
	0	0	0	-	Jan/2019	Seco
	0	0	0	-	Fev/2019	Chuvoso
Dureza total (mg/L)	64,0	20,0	44,0	500	Mai/2018	Chuvoso
	72,0	22,0	48,0	-	Dez/2018	Seco
	62,0	33,0	64,0	-	Jan/2019	Seco
	64,0	28,0	46,0	-	Fev/2019	Chuvoso
Dureza de cálcio (mg/L)	12,0	4,0	20,0	-	Mai/2018	Chuvoso
	28,0	6,0	21,0	-	Dez/2018	Seco
	40,0	11,0	28,0	-	Jan/2019	Seco
	26,0	12,0	32,0	-	Fev/2019	Chuvoso
Dureza de Magnésio (mg/L)	52,0	16,0	24,0	-	Mai/2018	Chuvoso
	44,0	16,0	27,0	-	Dez/2018	Seco
	12,0	22,0	36,0	-	Jan/2019	Seco
	38,0	16,0	14,0	-	Fev/2019	Chuvoso
Cloretos (Cl) (mg/L)	12,9	12,4	38,0	250	Mai/2018	Chuvoso
	14,8	25,9	220	-	Dez/2018	Seco
	16,5	26,5	180	-	Jan/2019	Seco
	16,9	20,6	110	-	Fev/2019	Chuvoso

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Figura 10 – Gráficos dos valores do pH.

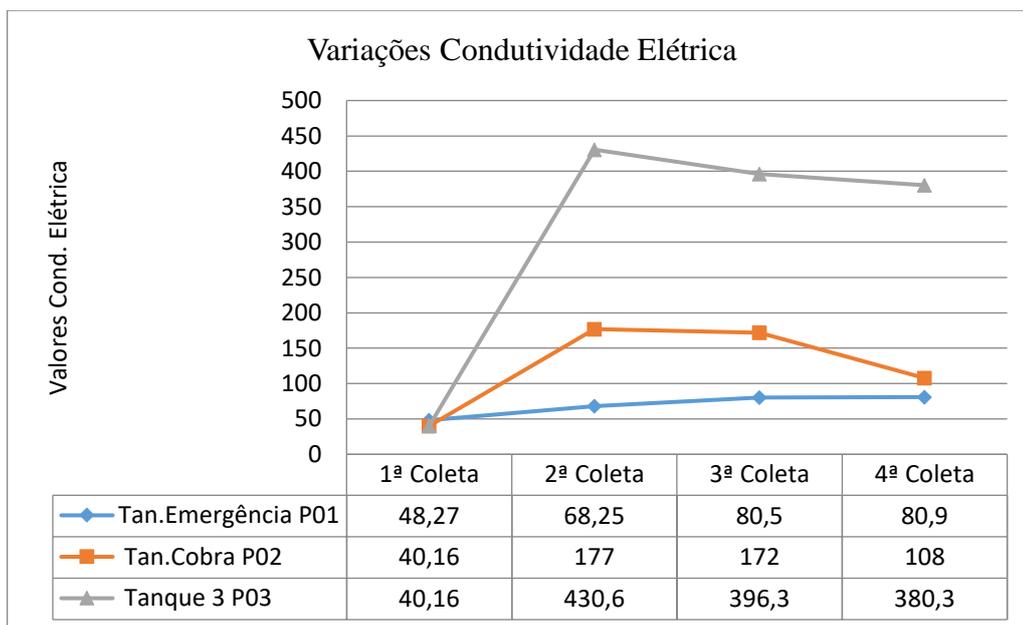
Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

No caso da condutividade elétrica, a portaria nº 5 MS não apresenta critérios limites ou classificação para os valores (BRASIL, 2017). Somente alguns países ou regiões definiram limites para a condutividade.

Para a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a condutividade elétrica da água depende das concentrações iônicas e da temperatura, indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

Bezerra et al. (2016), no trabalho que consistiu na “Avaliação de Parâmetros Físico-químicos: pH, condutividade elétrica e temperatura para águas de chuva em cisternas rurais”, comparam os valores da condutividade elétrica encontrado nas cisternas que recebiam águas oriunda apenas das chuvas e aquelas que recebiam com águas da chuvas e recebiam o auxílio dos carros pipas, e concluíram que as que receberam carro pipa possuíam maiores valores de condutividade elétrica, conseqüentemente, maior quantidade de sais em suspensão, indicando maiores níveis de poluição.

Em geral, níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados (CETESB, 2009). Nos reservatórios estudados o maior valor encontrado no P03 foi 430,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$, como pode ser visualizado na figura 16.

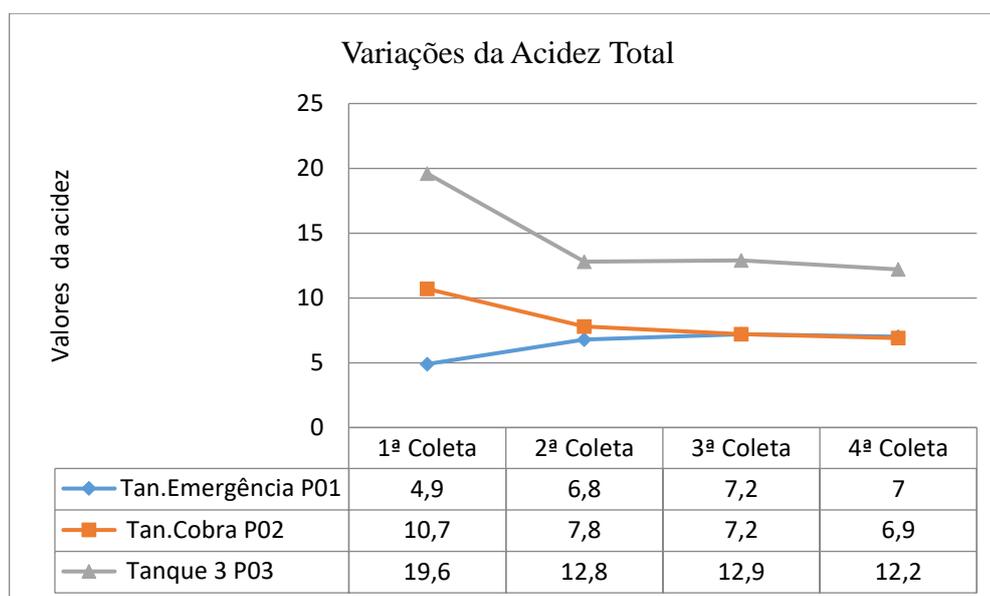
Figura 11 – Gráficos das variações de condutividade elétrica.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

O parâmetro de acidez em água está correlacionado com a capacidade da água em resistir as mudanças de pH causadas pelas bases (VON SPERLING, 2005). Nos tanques estudados esses parâmetros não se caracterizaram como sendo restritivos ao uso da água para diversos fins, de potabilidade, recreação, irrigação e outros.

O pesquisador Piveli (2000) afirma no trabalho “Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos”, que o parâmetro “acidez” não se constitui, apesar de sua importância, em qualquer tipo de padrão, seja de potabilidade, de classificação das águas naturais ou de emissão de esgotos, sendo o efeito da acidez controlado legalmente pelo valor do pH.

O menor valores foi encontrado no P01 4,9 mg/L e o maior valor no P03, correspondente a 19,6mg/L. Na figura 17 é possível verificar as variações dos valores encontrados na pesquisa.

Figura 12 – Gráficos dos valores de Acidez Total.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

A dureza dos pontos estudados foi registrada dentro do que é permitido. A Portaria nº 5 /2017 MS estabelece para dureza total o teor de 500 mg/L em termos de CaCO_3 como o valor máximo permitido para água potável.

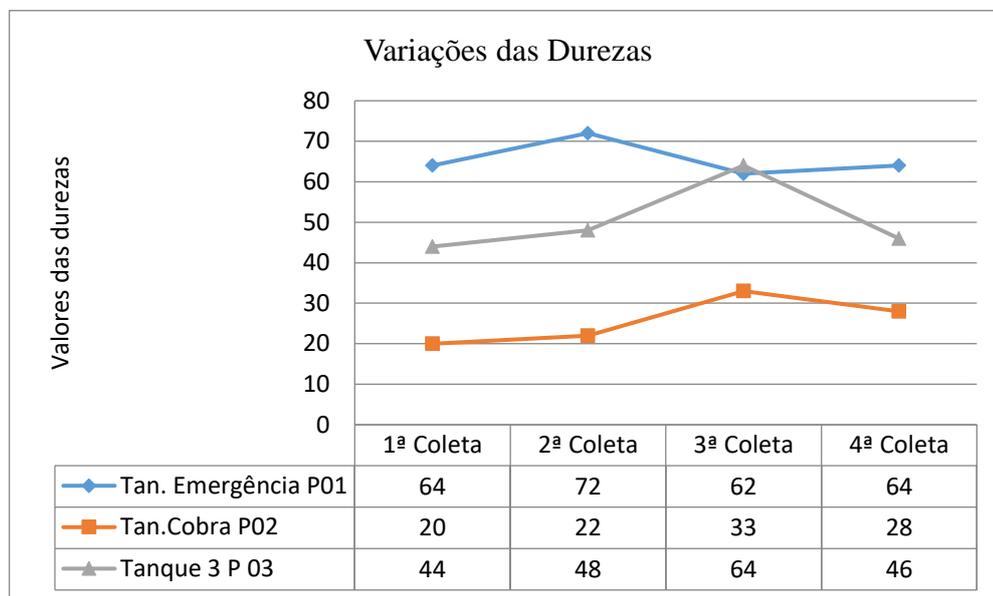
Ainda sobre a dureza, Von Sperling (2005) diz que na água se dá de forma natural através da dissolução das rochas de minerais contendo cálcio e magnésio ou por ação humana, através de despejos industriais. Esse parâmetro é importante ser monitorado, apesar de não haver evidências que a dureza cause problemas sanitários. Alguns estudos apontam que áreas com maior dureza na água indicam uma menor incidência de doenças cardíacas, porém, é um parâmetro que em determinadas concentrações causa um sabor desagradável e pode ter efeitos laxativos (BRASIL, 2015).

O pesquisador Piveli (2000) aponta no trabalho “Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos” que a dureza de uma água é a medida da sua capacidade de precipitar sabão, isto é, nas águas que a possuem, os sabões transformam-se em complexos insolúveis, não formando espuma até que o processo se esgote, muito comum nas águas do semiárido.

Nas águas naturais, a dureza é uma condição importante, por formar complexos com outros compostos, modificando seus efeitos sobre os constituintes daquele ecossistema. Por isso, a dureza é um parâmetro tradicionalmente utilizado

no controle de bioensaios de avaliação de toxicidade de substâncias (VON SPERLING, 2005). Na figura 18 é possível verificar as variações das durezas.

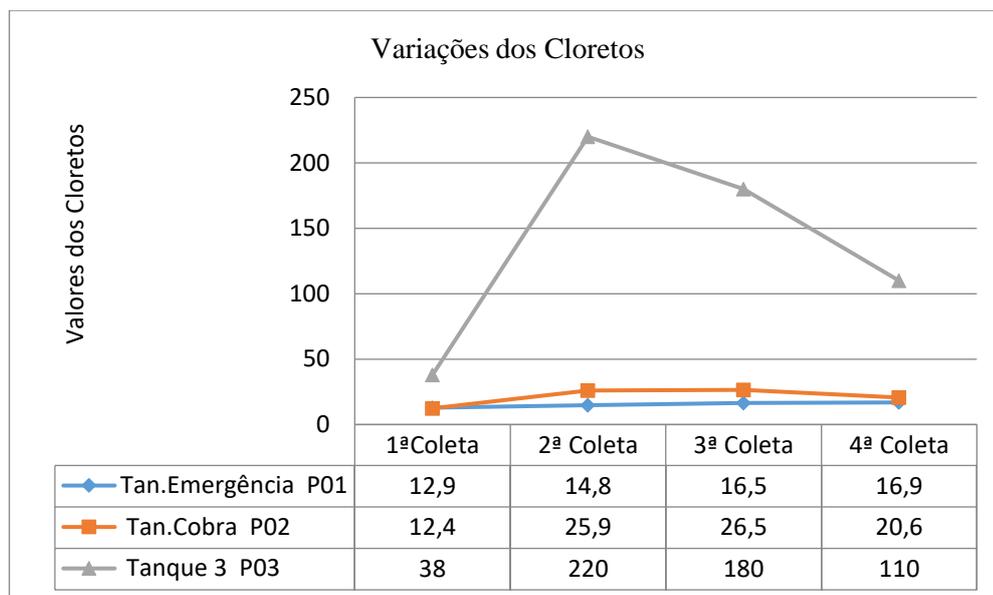
Figura 13 – Gráficos dos valores das Durezas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O último parâmetro analisado foi a presença de cloretos, encontrados em menor ou maior escala em todas as águas naturais. Em altas concentrações imprime um sabor salgado à água, oriundo da dissolução de minerais e intrusão de águas salinas quando é de origem natural (VON SPERLING, 2005).

A Portaria nº 5/2017 MS estabelece o teor de 250 mg/L como o valor máximo permitido para água potável. Ressalta-se que os métodos convencionais de tratamento de água não removem esses sais. Neste trabalho, o menor valor encontrado foi correspondente a 38,0mg/L no P03, portanto dentro do parâmetro considerado ideal, o máximo de 220mg/L no mesmo ponto em outro período.

Figura 19 – Gráficos dos valores dos Cloretos.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

5.3 Aspectos eutrofizantes dos corpos d'água

Nos tanques estudados, a partir da terceira coleta foram realizadas as análises do parâmetro de fósforo total, afim de estimar os aspectos eutrofizantes dos reservatórios.

O fosforo total foi determinado pelo método colorimétrico automático com reagente molibdato/antimonil/ácido ascórbico, seguindo a metodologia proposta do *Standard Methods* (APHA, 1998). A realização das análises do fósforo levou em conta os aspectos estéticos acerca da presença predominante das plantas aquáticas encontradas nos tanques, bem como, níveis altos de cor e turbidez dos reservatórios.

Nas figuras 19, 20 e 21 é possível visualizar a proliferação de plantas aquáticas nos tanques, que são indicadores de eutrofização.

Figura 14 – P01 presença de plantas aquáticas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 15 – P02 presença de plantas aquáticas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Figura 16 – P03 Coberto de algas.



Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

O fósforo é um macronutriente importante a ser identificado por seu potencial trófico. Os valores encontrados do fósforo total nas análises realizadas nos três tanques foram inseridos na fórmula do IET, de acordo com o método Lamparelli (2004). Na tabela 5 verifica-se os resultados obtidos.

Tabela 5 – Resultados do Índice de Estado Trófico dos resultados.

Estado Trófico	Ponderação	P01	P02	P03
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$			
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	51,5		
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$		58	
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$			62,9
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$			
Hipereutrófico	$IET > 67$			

Fonte: Adaptado de Lamparelli (2004).

Os resultados da tabela 5, mostram que os valores encontrados correspondentes ao IET foram para o P01 51,5 (oligotrófico), P02 58 (mesotrófico) e P03 62,9 (eutrófico). Os P01 e P02 se caracterizaram, respectivamente, como

oligotrófico e mesotrófico, ambos são considerados aceitáveis e reversíveis (ANA, 2018). O tanque P03 foi classificado como eutrófico, pontua-se que é o reservatório de menor capacidade em armazenamento de água. Esse fator implica diretamente no processo de diluição dos nutrientes, bem como, da oxigenação de suas águas o que pode justificar os altos valores encontrados.

Emídio (2012) no trabalho intitulado “A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu tratamento” alerta para o fato de que ambientes eutróficos estão frequentemente associadas as cianobactérias, que são organismos procariontes com atividade fotossintética e capazes de fixar dióxido de carbono e azoto (CARAPETO, 1999).

Neste estudo dois dos fatores citados são importantes ponderar, o primeiro é a toxicidade, pois restringe a água para abastecimento humano e animal em razão da presença de secreções tóxicas de cianobactérias (cianotoxinas). O segundo fator é o desaparecimento gradual do lago como um todo, efeito geralmente irreversível, porém usualmente lento. Isso acontece em decorrência da eutrofização e do assoreamento, aumentando o acúmulo de matérias e de vegetação, e o corpo hídrico se torna cada vez mais raso, até vir a desaparecer (VON SPERLING, 2005).

Heiskary e Marcus *apud* Lamparelli (2004) estudando rios do estado de Minnesota (EUA), verificam uma substituição das algas bentônicas pelas fitoplanctônicas em águas mais enriquecidas por nutrientes, sendo que em ambientes com maior turbidez e eutrofizados foi verificada dominância por cianobactérias.

Lamparelli (2004) afirma, no seu trabalho intitulado “Grau de trofia em corpos d’águas do estado de São Paulo”, que as cianobactérias são potencialmente tóxicas e prejudicam a qualidade das águas, sobretudo, no que tange o abastecimento público.

Na publicação da Organização Mundial de Saúde (1999), em diversos continentes em que ocorreu florações desses organismos, houveram prejuízos à saúde humana, por uso da água para abastecimento ou por inalação em exposição direta em atividades como natação. Chorus e Bartram (1999) *apud* Lamparelli (2004) expõem relatos nos quais o uso de água com florações de cianobactérias, para dessedentação de animais, resultou na morte dos animais.

No Brasil, o trabalho de Teixeira et al. (1993) descreve uma forte evidência de correlação entre a ocorrência de florações de cianobactérias, no reservatório de

Itaparica (Bahia) e a morte de 88 pessoas, dentre 200 intoxicadas pelo consumo de água do reservatório, nos meses de março e abril de 1988.

Entretanto, os primeiros casos confirmados de morte humana causadas por cianotoxinas ocorreram no início de 1996, em 130 pacientes renais crônicos, após terem sido submetidos a sessões de hemodiálise em uma clínica da cidade de Caruaru (PE). Desses, 60 pacientes vieram a falecer até 10 meses após o início dos sintomas (BRASIL, 2003). Dessa forma, salienta-se a importância do monitoramento nos tanques e reservatórios, acerca da presença de cianobactérias.

6 CONCLUSÕES

Os resultados demonstraram duas situações distintas quanto as análises efetuadas. Nesse caso, do ponto de vista bacteriológico, as águas são inaptas para consumo humano. De acordo com as análises físico-químicas alguns parâmetros deram em conformidade com legislação pertinente, com exceção do P03.

A partir do IET os tanques foram classificados em: P01- oliotrófico, P02 - mesotrófico e P03 - eutrófico. Dos valores encontrados, o P03 classificado como eutrófico, significa que o tanque se encontra com elevado grau de enriquecimento de nutrientes, muito crescimento plactônico (alta produtividade) e extensa área coberta com plantas aquáticas. Dessa forma, o P03 não pode ser utilizado para o consumo doméstico nem dessedentação dos animais, devido ao risco de contaminação por substancias tóxicas que podem levar ao óbito.

Ressalta-se que as águas dos tanques estudados são impróprias para o consumo a níveis de potabilidade no que compete a ingestão, preparo de alimentos, higiene da moradia ou corporal, limpeza de utensílios, lavagem de roupas, preparo de alimentos, lavagem de veículos, entre outras atividades.

Contudo, de acordo com a Resolução Conama nº 357/2005 no que compete as suas atribuições, os valores obtidos no P01 e P02, demonstraram que suas águas são aptas no que cabe à proteção das comunidades aquáticas, à harmonia paisagística, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras e a dessedentação de animais.

A análise realizada neste estudo acerca das possibilidades de usos das águas nos tanques estudados, parte da premissa da utilização da água bruta. Porém, as águas dos reservatórios poderiam ser utilizadas para outros usos caso fossem destinadas a um processo de tratamento primário.

Por fim, acredita-se que o meio rural na região semiárida apresenta uma série de particularidades nos seus aspectos físicos, geográficos e naturais, nas quais, a busca do uso de tecnologias e soluções adequadas para utilização das águas dos tanques estudados são fundamentais para promover a sustentabilidade e ações que contribuam para melhoria da qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos Avançados**, [S. l.], v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. João Pessoa, 2011. <<http://geo.aesa.pb.gov.br>> Acesso: 20 de julho de 2018.

ANDRADE, M. C. **A problemática da seca**. Recife: Liber Gráfica e Editora, 1999. 94 p.

APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association. 21. ed. Washington (EUA): Centennial Edition, 2005.

ARBOS, K. A.; FREITAS, R. J. S.; STERTZ, S. C.; CARVALHO, L. A. Segurança alimentar de hortaliças orgânicas: aspectos sanitários e nutricionais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, supl. 1, p. 215-220, 2010.

ARRUDA, J. J. **História antiga e contemporânea**. 7. Ed. São Paulo: Editora Ática, 1977. p. 472.

ASA. **Articulação no Semi-Árido Brasileiro**. 2010. Disponível em <http://www.asabrasil.org.br/>, acessado em 20 de agosto de 2018.

ASSIS, L. L. R.; UCHIDA, N. S. **Análise da qualidade microbiológica de Hortaliças minimamente processadas comercializadas em campo mourão, PR**. Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research - BJSCR, v. 5, n. 3, p. 17-22, 2014.

BARTLETT, S. Water, sanitation and urban children: the need to go beyond "improved" provision. **Environment & urbanization: water and sanitation**, v. 15, n. 2, p. 57-70, 2003.

BEZERRA, T.P.et al. **Avaliação de Parâmetros Físico-químicos: pH, condutividade elétrica e temperatura para águas de chuva em cisternas rurais**. 10º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Belém - PA – Brasil, 15 e 18 de novembro de 2016.

BRAILE, P.M.; CAVALCANTI, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: Cetesb, 1979.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água** / Fundação Nacional de Saúde – 4. ed. – Brasília: Funasa, 2013.

BRASIL. **Lei das águas, Lei Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, DF: Presidência da República, 1997. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-175-7-janeiro-1936-505857-publicacaooriginal-76071-pl.html>>. Acesso em: 15 jun 2019.

BRASIL. **Lei nº 175, de 7 de janeiro de 1936**. Rio de Janeiro: RJ: Presidência da República, 1936. Disponível em:< <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1930-1939/lei-175-7-janeiro-1936-505857-publicacaooriginal-76071-pl.html>>. Acesso dia 15 de junho de 2018.

BRASIL. Lei Nº 6.938 de 31 de Agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília: 1981.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do Semiárido Brasileiro**. Brasília, DF: Secretária de Políticas de Desenvolvimento Regional. 2005. Disponível em: www.mi.gov.br/c/document_library/get. Acesso em: 20 ago 2018.

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

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017**. Ministério da Saúde, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 1469, de 29 de dezembro de 2000**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2001.

BRASIL. Ministério da Saúde. **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. CONAMA,2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Cianobactérias tóxicas na água para consumo humano na saúde pública e processos de remoção em água para consumo humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. Presidência da República Casa Civil. **LEI Nº 1.348, DE 10 de fevereiro de 1951**. Brasília, DF:1951.

BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Um século de secas: Por que as políticas hídricas não transformaram o semiárido brasileiro**. Editora Chiado, 2018. p.434.

CALLADO, N. H.; FORESTI, E. **Remoção biológica de fósforo em reator sequencial em batelada tratando esgoto sanitário sintético utilizando acetato de sódio como fonte exógena de carbono**. Trabalho apresentado ao XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún, México, 2002.

CARAPETO, C. **Poluição das águas: causas e efeitos**. Lisboa: Universidade Aberta, 1999. 241 p.

CARLSON, R. E. A tropic state index for lakes. **Limnology and Oceanograph**, v. 22, n. 2, p 361-389, 1977.

CAVALCANTE, R. B. L. Ocorrência de *Escherichia coli* em fontes de água e pontos de consumo em uma comunidade rural. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 9, n. 3, p. 550-558, 2014. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2014000300015&lng=en&nrm=iso>. Acesso em:

CETESB. **Variáveis de qualidade da água**. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp#topo>. Acesso em: 08 ago 2018.

CHEVALIER, J.; GHEERBRANT, A. **Dicionário de símbolos: mitos, sonhos, costumes, gestos, formas, figuras, cores, números**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1988.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. **Toxic Cyanobacteria in Water: A guide to their public health consequences monitoring and management**. 1. Ed. World Health Organization, F&FN Spoon London & New York, 1999.

COELHO, R. M. P.; HAVENS, K. **Crise nas Águas. Educação, ciência e governança, juntas evitando conflitos gerados por escassez e perda da qualidade das águas**. Editora Recóleo. 1. Ed. Belo Horizonte, 2015. 162p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Índices de qualidade das águas**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%A1guas-superficiais/108-%C3%ADndices-de-qualidadedas-%C3%A1guas>> Acesso em: 18 Jun. 2018.

D'ÁGUILA, O. S. **Avaliação da qualidade de água para o abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798, set. 2000.

D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S. F. **Saneamento Básico para salvar vidas**. Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cps.fgv.br/ibrecps/Clippings/lc1038.pdf>. Acesso em: 31 ago 2015.

DAJOZ, R. **Ecologia geral**. Petrópolis: Vozes, 1983.

DANTAS, E.W.C. **Mutações no Nordeste brasileiro: reflexão sobre a produção de alimentos e a fome na contemporaneidade**. Confins, n. 10, 2010. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/6686?lang=pt>. Acesso em: 16 jul 2019.

EMÍDIO, Vanessa Joana Gomes. **Dissertação A problemática do fósforo nas águas para consumo humano e águas residuais e soluções para o seu**

tratamento. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade do Algarve.p 118, 2012.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** São Paulo: Editora Interciência, 1988. 574. p.

FINOTTI, A. R.; FINKLER, R.; SILVA, M. D.; CEMIN, G. **Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas.** 1. Ed. Caxias do Sul: Educs - Editora da Unidade de Caxias do Sul, 2009. 272. p.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas.** 2010. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

GOMES, U. A. F.; HELLER, L. Acesso à água proporcionado pelo Programa de Formação e mobilização Social para convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais: combate à seca ou ruptura da vulnerabilidade? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n.3, p. 623-633, 2016.

HELLER, L., DE PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: UFMG, 2006.

HELLER, L.; Moraes, A. M. F.; Monteiro, T. L. M.; Salles, M. J.; Almeida, L. M.; Câncio, J. **Saneamento saúde nos países em desenvolvimento.** Rio de Janeiro: CC & P Editores, 1997.

IBGE. Abrangência dos serviços de Saneamento. *In: Atlas do Saneamento*, 2011. 27p. Disponível em:
http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm. Acesso em 20 de março de 2016.

IBGE. **Cidades e estados do Brasil.** Disponível em:
<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> Acesso em: 05 set 2015.
INSA. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas.** Campina Grande: Instituto Nacional do Semiárido, 2011.

ITS BRASIL. INSTITUTO TECNOLOGIA SOCIAL BRASIL. **Caderno de Debate – Tecnologia Social no Brasil.** São Paulo: ITS. 2004. Disponível em:
<http://itsbrasil.org.br/>. Acesso em: 09 set 2018.

JOHNSON, S. **O mapa fantasma: Como a luta de dois homens contra o cólera mudou o destino de nossas metrópoles.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor Ltda., 2008.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

KODAMA, K. Os impactos da epidemia de cólera no Rio de Janeiro (1855-56) na população escrava: considerações sobre a mortalidade através dos registros da

Santa Casa de Misericórdia. *In: 5º Encontro de Escravidão e Liberdade no Brasil Meridional, [Artigo] 2011. Disponível em: <http://www.escravidaoeliberdade.com.br/site/images/Textos5/kodama%20kaori.pdf>. Acesso em: 10 abr 2019.*

LAMPARELLI, M. C. **Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento.** 2004. 235 f. Tese (Tese de doutorado) - Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água.** 2. ed. São Paulo: Átomo, 2008. 444p.

MACHADO, P.J.O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia.** 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

MAHAN, B.; Myers, R. **Química, um curso universitário.** 4. ed. Editora Edgard Blücher, 1993.

MAIA R. P.; Nascimento M. A. L. Relevos Graníticos do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 373-389, 2018.

MARA, D. D. & FEACHEM, R. G. A., 1999. **Water- and excreta-related diseases: Unitary environmental classification.** *Journal of Environmental Engineering*, 125:334-339.

MEDEIROS, S.S.; CAVALCANTE, A. M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. M; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro.** Campina Grande: INSA, 2012.

MENDONÇA, F. A. **Geografia e meio ambiente.** 9. ed. São Paulo: Contexto, 2014.

MORETTI, R.S; VARALLO, I. S.; COMARU, F. O direito a água potável e os riscos de desabastecimento: Um estudo do ABC Paulista. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 290-305, 2013.

MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Environmental Health Criteria 159 glyphosate.** Genebra: World Health Organization, v. 63, 1994.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Fascículo água: a desinfecção da água.** Brasília: Opas, 1999.

PACHECO, A. Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 791-798, 2000.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas.** Porto Alegre: ABRH, 2001.

RAMALHO, M. F. J. L. A fragilidade ambiental do Nordeste brasileiro: o clima semiárido e as imprevisões das grandes estiagens. **Sociedade e Território**, Natal, v. 25, n. 2, p. 104-115, 2013.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. **O saneamento no Brasil: políticas e interfaces**. Belo Horizonte: UFMG - Escola de Engenharia, 2002. 310 p.

RODRIGUES, A. C.; PACHECO, D.; ROMANETS, Y.; BRUNS, S.; NOGUEIRA, R.; COUTINHO, R.; BRITO, A. G. Modelação da qualidade da água da Lagoa das Furnas e da Lagoa Verde das Sete Cidades. Conferência Nacional de Ambiente, Lisboa, 2004 – [**Actas da 8.ª Conferência Nacional de Ambiente**]. Lisboa: Universidade Nova, 2004.

ROSEN, G. **Uma história da saúde pública**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pós-Graduação em Saúde Coletiva. 1994. 423 p.

SANTOS, Y. O.; ALMEIDA, R. C. C.; GUIMARÃES, A. G.; ALMEIDA, P. F. Hygienic sanitary quality of vegetables and evaluation of treatments for the elimination of indigenous E. coli and E. coli O157:H7 from the surface of leaves of lettuce (*Lactuca sativa* L.). **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 1083-1098, 2010.

SCHISTEK, H. Caldeirão, Caxio e Cacimba: Três sistemas Tradicionais de Captação de Água de Chuva no Nordeste Brasileiro. In: Conferência Internacional De Sistemas de Captação de Água de Chuva, 9., 1999, Petrolina. **Sistema de Captação de água da chuva: Anais Eletrônicos**. Petrolina: Embrapa-PE, 1999. p.1-8. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/start_inicio.html. Acesso em: 04 Abr 2019.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: An Analysis of Global Change**. San Diego: Academic Press, Inc, 1991.

SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B.; AMORIM, R. F. Caracterização Morfológica e Dinâmica Ambiental das Marmitas (weathering pit) no Distrito de Fazenda Nova, Pernambuco - Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Geomorfol.** São Paulo, v.18, n. 2, p. 349-362, 2017.

SILVA, et. Al. **Artigo Uso da vegetação nativa da caatinga na Paraíba em uma comunidade Rural da Paraíba, Nordeste do Brasil**. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão (N. Sér.) 34:5-37. Abril de 2014.

SILVA, Roosevelt Humberto. SILVA, Magnólia Gibson Cabral. Artigo **Turismo Cultural Desenvolvimento em Cabaceiras -PB**. Revista Eletrônica de Turismo Cultural. Volume 03-No 03, 2009.

SMITH, V. H.; BIERMAN, V. J.; JONES, B. L.; HAVENS, K. E. Historical trends in the Lake Okeechobee ecosystem IV. Nitrogen: phosphorus ratios, cyanobacterial dominance, and nitrogen fixation potential. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 107, p. 71-88, 1995.

SNOW, J. **Sobre a maneira de transmissão da cólera**. São Paulo/Rio de Janeiro: Hucitec/Abrasco, 1999. 249p.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS-NETO, J. M.; FERNANDES, M. F. Estudo do processo da desertificação em Cabaceiras-PB. **Revista de Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 4, n. 1, p. 89-102, 2007.

SOUZA, J. T. A; CORREIA, F. G.; SILVA, R. C.; FERREIRA, R. C. C.; OLIVEIRA, S. J. C. Tanques de Pedra e sua Dinâmica no Armazenamento de Água na Região do Cariri Paraibano. *In*: I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro, 2013, Campina Grande [**Anais do I Workshop Internacional Sobre Água no Semiárido Brasileiro**], Campina Grande, 2013.

SPELLMAN, F. R. **Handbook of water and wastewater treatment plant operations**. 1. ed. Lewis Publishers, 2003.

SREBERNICH, S. M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 4, p. 744-750, 2007.

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 16th ed. Washington: APHA, 1998.

SUDENE, SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Delimitação do Semiárido**: Mapas, shapefile e infográfico. Brasil, 2017. Disponível em: www.sudene.gov.br/planejamento-regional/delimitação-do-semiarido. Acesso em: 16 jun 2018.

SUERTEGUARAY, Dirce Maria Antunes. **Geografia física e geomorfologia: uma releitura**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2018.

TEIXEIRA, M. G. L. C.; COSTA, M. C. N.; CARVALHO, V. L. P.; PEREIRA, M. S.; HAGE E. **Gastroenteritis epidemic in the area of the Itaparica, Bahia, Brazil**. Bulletin of PAHO, p. 244-253, 1993.

THOMANN, R. V. B.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control**. New York: Harper & Row, 1987.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control**. Harper International Edition. 1987. 644p.

TOLEDO, A. P.; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais**. *In*: 12º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1983, Camboriú. [Anais do 12º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental]. Camboriú, 1983. p. 1-34.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões: propostas para o bioma Caatinga. Resultados do Seminário de Planejamento Ecorregional da Caatinga/Aldeia-PE**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, Instituto de Conservação Ambiental The Nature Conservancy do Brasil, 2002. 76 p.

VON SPERLING, M. **Introdução á qualidade de água e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

World Health Organization. **Guidelines for drinking water quality**. 3. ed., Geneva, 2003. Disponível em: www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ.

ANEXOS

ANEXO 1: Figura 22 – Amostras nos fracos para análise.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 2: Figura 23 – Processamento das amostras.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 3: Figura 24 – Processamento das amostras

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 4: Figura 25 – Repicagem com 48h.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 5: Figura 26 – Fermentação do meio V. B.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 6: Figura 27 – Fermentação do E. C.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 7: Figura 28 – Coleta no P01.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 8: Figura 29 – Coleta no P02.

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

ANEXO 9: Figura 30 – Coleta no P03.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.