



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA**

ROMÁRIO DIAS MOURA

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA DO VOLUME
MORTO DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA NAS FASES BRUTA E TRATADA**

**CAMPINA GRANDE / PB
2017**

ROMÁRIO DIAS MOURA

**ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA DO VOLUME
MORTO DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA NAS FASES BRUTA E TRATADA**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado como exigência para
obtenção do Título de Licenciatura Plena
em Química da Universidade Estadual da
Paraíba – UEPB.

Orientador: Prof. Dr. Josué da Silva
Buriti.

Co-Orientador: Prof. MSc. Gilberlândio
Nunes da Silva.

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

M929a Moura, Romário Dias.
Análises físico-químicas e microbiológicas da água do volume morto do Açude Epitácio Pessoa nas fases bruta e tratada [manuscrito] / Romário Dias Moura. - 2017.
52 p. : il. color.

Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.
"Orientação: Prof. Dr. Josué da Silva Burity, Departamento de Química".
"Co-Orientação: Prof. Me. Gilberândio Nunes da Silva, Departamento de Química".
1. Água. 2. Análise da água. 3. Açude Epitácio Pessoa. 4. Qualidade da água. I. Título.

21. ed. CDD 628.16

ROMÁRIO DIAS MOURA

ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA DO VOLUME
MORTO DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA NAS FASES BRUTA E TRATADA

Trabalho de conclusão de curso (TCC)
apresentado como exigência para
obtenção do Título de Licenciatura Plena
em Química da Universidade Estadual da
Paraíba – UEPB.

Área de concentração: Química Analítica.

Aprovado: 09/06/2017.

BANCA EXAMINADORA



DEDICATÓRIA

A minha noiva e futura esposa
Camilla Machado Soares que
sempre me deu apoio de forma
incondicional em todos os
momentos de dificuldades e que
nunca descreditou da minha
capacidade e determinação para a
obtenção deste Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sempre ter me dado força, determinação e discernimento durante toda árdua caminhada para a realização deste estudo.

A minha mãe que mesmo não tendo um alto grau de instrução, foi doutora em compreensão, carinho e acolhimento.

Aos meus irmãos que de forma incondicional torceram por mim e me encorajaram a lutar para tornar esse estudo uma realidade.

Aos ilustres professores Josué Buriti, Gilberlândio Nunes e Thiago Pereira, que com muita paciência e sabedoria contribuíram em todos os aspectos para minha formação acadêmica e pedagógica.

A professora Dra. Márcia Ramos Luiz pelas sugestões para o melhoramento deste trabalho.

Aos coordenadores do curso de Licenciatura em Química e a toda equipe administrativa na pessoa do Sr. Jorge pela assistência prestada de forma geral.

A Caroline e Marlene Machado pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho e obtenção do Título de Licenciatura em Química.

Ao casal Ednaldo Soares e Maria Helena pelo acolhimento e motivação para tornar esse trabalho uma realidade.

A Maria Sallett pela grandiosa contribuição nas análises microbiológicas.

A Virgem Maria Mãe de Jesus e aos meus pais e irmãos de EJC, por terem sido luzes no meu caminho, me orientando espiritualmente na realização desse estudo, de modo especial a Carlos Augusto por sua fundamental contribuição.

Enfim, agradeço a todos, que de alguma forma contribuíram para a concretização deste trabalho.

Obrigado!

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

Charles Chaplin

“Educar é semear com sabedoria e colher com paciência. Educar é viajar no mundo do outro, sem nunca penetrar nele. É usar o que passamos para transformar no que somos”.

Augusto Cury

“Apesar dos nossos defeitos, precisamos enxergar que somos pérolas únicas no teatro da vida e entender que não existem pessoas de sucesso e pessoas fracassadas. O que existem são pessoas que lutam pelos seus sonhos ou desistem deles.”

Augusto Cury

RESUMO

O Açude Epitácio Pessoa localizado na cidade de Boqueirão na região do Cariri paraibano é um reservatório de água represada pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, responsável pelo abastecimento da população de Campina Grande/PB e dezoito municípios. A atual crise hídrica enfrentada na região é ocasionada pela baixa precipitação das chuvas nas faixas territoriais onde se localizam as Bacias Hidrográficas que desaguam no açude. Em 2016, o manancial passou a utilizar a sua reserva técnica de água o chamado “volume morto”. Em janeiro de 2017 quando foram coletadas as primeiras amostras, o açude operava com o menor volume registrado desde a sua criação, cerca de 4% de sua capacidade total. O uso do volume morto requer um maior acompanhamento, pois se trata de uma parte do reservatório que pode conter substâncias que oferecem risco a seus usuários, e que pode conter uma elevada população de microrganismos. Nesse contexto, este trabalho objetiva analisar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do volume morto do Açude Epitácio Pessoa nas fases bruta e tratada. A metodologia utilizada compreende a determinação de alguns parâmetros previstos pela legislação vigente para o controle de qualidade da água. As análises físico-químicas, em sua maioria, foram realizadas através de fotometria que possibilita resultados de forma rápida e precisa. Os ensaios microbiológicos basearam-se na identificação de microrganismos indicadores de contaminação, principalmente os termotolerantes, e de outros potencialmente patogênicos. Os parâmetros físico-químicos observados se mostraram satisfatórios, pois nenhuma das fases da água apresentou valores fora das especificações estabelecidas. No entanto, os resultados encontrados para sólidos totais dissolvidos estão muito próximos do limite máximo permitido para água tratada e acima do limite para água bruta doce, e essa concentração pode aumentar com a redução do volume do açude. Os resultados das análises microbiológicas obtidos mostraram que apenas a água bruta apresenta contaminação microbiana, sendo identificada a presença de *Coliformes totais* e termotolerantes como a *E. coli*. A presença de algas foi observada no próprio manancial durante a coleta das amostras, que pode ser um indicativo da possibilidade da presença de cianobactérias. De acordo com os resultados, conclui-se que a utilização do volume morto do Açude Epitácio Pessoa no momento em que foram coletadas as amostras, estava de acordo com as normas vigentes, pois apenas a água bruta apresentava contaminação microbiológica não recomendada, enquanto que as amostras de água tratada encontravam-se dentro do padrão de potabilidade aceitável, conforme os requisitos estabelecidos pela legislação para as análises realizadas neste trabalho.

PALAVRAS-CHAVES: Água. Boqueirão. Qualidade da água.

ABSTRACT

The Epitácio Pessoa Reservoir, which is located in the city of Boqueirão, State of Paraíba, is a reservoir of dammed water that belongs to the Paraíba River basin, and it is responsible for the supply of people living in Campina Grande/PB and other eighteen municipalities. The current water crisis that the region faces is mainly caused by the low rainfall in the territorial bands where the hydrographic basins are located. In 2016, the source started to operate using its technical reserve of water called "dead volume". In January of 2017, when the first samples were collected, the source had reached its lowest historical volume, approximately 4% of its total capacity. The use of dead volume requires a most monitoring, since it is a part of the reservoir that may contain substances that pose risks to its users, and which may contain a high population of microorganisms. In this context, this work aims to study the parameters observed in water samples in the Epitacio Pessoa Reservoir from the source in raw and treated phases. The methodology used includes the determination of some parameters foreseen by current legislation for water quality control. The physicochemical analyzes were mostly carried out through photometry that enables results in a fast and precise way. Microbiological tests were based on the identification of microorganisms that are indicative of contamination, especially thermotolerant organisms, and other potentially pathogenic species. The physicochemical parameters observed were satisfactory, since none of the water phases presented values outside the established specifications. However, the results found for total dissolved solids are very close to the maximum allowed for treated water and above the limit for sweet crude water, and this concentration may increase with the reduction of the volume of the reservoir. The results of microbiological analysis showed that only natural water has microbial contamination, and it was possible to identify the presence of *total Coliforms* and thermotolerant organisms, as an *E. coli*. The presence of algae was observed during the collection of samples, which may be an indication of the possibility of the presence of cyanobacteria. According to the results, it was concluded that the use of the dead volume of the Epitacio Pessoa Reservoir when the samples were collected was in accordance with the current regulations, since only raw water has microbiological contamination not recommended, and the samples of treated water are within the minimum acceptable drinking water standard, according to the requirements established by the legislation for the analyzes carried out in this work.

KEYWORDS: Water. Boqueirão. Water quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.	17
Figura 2 - Esquema Simples da Formação de uma Bacia Hidrográfica.	18
Figura 3 - Baixo Curso do Rio Paraíba Desaguando em Cabedelo.	19
Figura 4 - Mapa de Desastres Naturais Causados por Estiagem e Seca na Paraíba no Período de 1991 a 2010.	21
Figura 5 - Comparação dos Volumes Armazenados por Região de Curso dos Rios, Bacia e sub-Bacia nos anos de 2011 e 2014.	23
Figura 6 - Evolução do Volume Armazenado do Açude Epitácio Pessoa de 2007 a 2017.	24
Figura 7 - Açude Epitácio Pessoa no Mês de Janeiro de 2017.	24
Figura 8 - Bomba de Captação do Açude Epitácio Pessoa.	25
Figura 9 - Esquema de Retirada de Água Através de Bombas.	26
Figura 10 - Sistema de Captação Flutuante de Água do Açude Epitácio Pessoa.	26
Figura 11 - Profundidade e Ponto de Coleta das Amostras.	30
Figura 12 - Coleta das Amostras.	31
Figura 13 - Analisador Fotômetro Multiparâmetro HI83200.	32
Figura 14 - Turbidímetro Utilizado nas Análises.	37
Figura 15 – Condutivímetro Utilizado nas Análises.	38
Figura 16 – pHmetro Utilizado nas Análises.	40
Figura 17 - Placas e Tubos Inoculados com Amostras de Água Bruta do Açude Epitácio Pessoa coletadas nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.	48
Figura 18 - Visualização Fotográfica de Algas Presentes no Açude Epitácio Pessoa nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.	49
Figura 19 - Placas e Tubos Inoculados com Amostras de Água Tratada do Açude Epitácio Pessoa Coletadas nas Cidades de Queimadas-PB e Campina Grande-PB nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de Registros de Casos de Secas nas Principais Cidades nas Imediações dos Rios Taperoá e o Trecho do Alto Curso do Rio Paraíba entre os anos de 1991 e 2010.....	22
Tabela 2 - Volume do Açude Epitácio Pessoa em 2011.....	23
Tabela 3 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Físico-Químicas para Água Bruta.	40
Tabela 4 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Físico-Químicas para Água Tratada.	41
Tabela 5 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Microbiológicas para Água Bruta.	43
Tabela 6 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Microbiológicas para Água Tratada.	44
Tabela 7 - Resultado das Análises Físico-Químicas da Água Bruta Coletada nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.....	45
Tabela 8 - Resultado das Análises Físico-Químicas da Água Tratada Coletadas nas Cidades de Queimadas-PB e Campina Grande-PB nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.....	46
Tabela 9 - Resultado das Análises Microbiológicas da Água Bruta.	47
Tabela 10 - Resultado das Análises Microbiológicas da Água Tratada Coletadas nas Cidades de Queimadas-PB e Campina Grande-PB nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA	17
2.2 CARIRI PARAIBANO	19
2.3 O AÇUDE EPITÁCIO PESSOA E A CRISE HÍDRICA	20
2.4 VOLUME MORTO.....	25
2.5 CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA.....	27
2.5.1 Contaminação por <i>Coliformes totais</i> e <i>E. coli</i>	27
2.5.2 Contaminação por Cianobactérias	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 COLETA DAS AMOSTRAS.....	30
3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	31
3.2.1 Análises Fotométricas	31
3.2.1.1 <i>Determinação da Cor da Água</i>	32
3.2.1.2 <i>Determinação da Concentração de Compostos Nitrogenados Amônia (NH₃), Amônio (NH₄⁺) e Nitrito (NO₂⁻)</i>	33
3.2.1.3 <i>Determinação da Concentração de Ferro Total (Fe)</i>	35
3.2.1.4. <i>Determinação da Dureza em Íons Cálcio (Ca²⁺)</i>	35
3.2.1.5. <i>Determinação da Dureza em Íons Magnésio (Mg²⁺)</i>	36
3.2.1.6. <i>Determinação do Cloro Residual Livre</i>	36
3.2.2 Determinação da Turbidez.....	37
3.2.3 Determinação da Condutividade e dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	38
3.2.4 Determinação da Temperatura	39
3.2.5 Determinação do pH.....	39
3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	41
3.3.1 Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH).....	41
3.3.2 Determinação da Presença de <i>Coliformes totais</i> e <i>Termotolerantes</i>	42

3.3.3 Verificação da Presença de Algas na Água Bruta	43
3.3.4 Parâmetros Microbiológicos para a Água Bruta e a Água Tratada.....	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA BRUTA	45
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA TRATADA.....	46
4.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA BRUTA.....	47
4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA TRATADA	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O manancial Epitácio Pessoa conhecido, popularmente, como “Açude de Boqueirão”, nome que faz referência ao Município em que fica localizado, é um reservatório de água superficial que segundo a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba AESA (2017) faz parte da Bacia Hidrográfica do Alto curso de Rio Paraíba e da sub-Bacia do Rio Taperoá.

A Bacia está localizada no Cariri paraibano, região de clima semiárido caracterizado pelo baixo índice pluviométrico, é a principal responsável pelo abastecimento e fornecimento de água potável para a maioria das cidades da região metropolitana de Campina Grande, importante polo industrial e tecnológico do estado e outros municípios que juntos somam mais de 500 mil habitantes (IBGE – CENSO, 2010).

Segundo a Duarte (2016), nos últimos cinco anos a Paraíba tem sofrido os efeitos de uma seca prolongada que atinge com maior intensidade o Sertão e o Cariri do estado, sendo esta última à região onde se localiza a Bacia do Alto Paraíba, que nasce na serra do município de Monteiro, dando origem ao Rio Paraíba e que ao longo de sua extensão possui alguns reservatórios de água represada antes de desaguar no Oceano Atlântico na faixa litorânea da cidade de Cabedelo. Com o intuito de reduzir o consumo de água por causa da crise hídrica que atinge a região, as autoridades tomaram algumas medidas como o racionamento e a proibição do uso da água para a irrigação, contudo, tais medidas impedem apenas que o volume da represa diminua ainda mais rapidamente e não que ela seque.

O volume morto de um manancial representa a quantidade de água que se encontra abaixo da comporta pela qual ela é retirada, que por sua vez, requer um método de captação diferente do habitual. Nesse sentido, entende-se que cada reservatório possui um volume específico que caracteriza a sua reserva técnica, conhecida como “volume morto”, que pode ser utilizado até limites que não comprometam a qualidade da água e a segurança de seus usuários.

Durante a realização desse estudo, a água do Açude Epitácio Pessoa estava sendo captada através de bombas de sucção, pois o volume do manancial encontrava-se tão abaixo do nível que o método tradicional de captação por gravidade não podia mais ser usado, caracterizando o uso do volume morto.

A Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA) é, atualmente, a responsável pela captação, adução, tratamento e distribuição de água em todo o estado. O processo de tratamento é executado na Estação de Tratamento de Água (ETA) situada no

distrito de Gravatá da cidade de Queimadas, que recebe a água bruta captada diretamente do açude transportada através de tubulações até a Estação.

A Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, dentre outras prerrogativas, considera que o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade. Diz ainda, que o Controle de Qualidade da água é um conjunto de medidas operacionais que visa avaliar a melhoria e a conservação da qualidade da água, estabelecendo parâmetros para esta finalidade.

De acordo com a Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, no seu Art. 5º inciso I, diz que: Água para o consumo humano é água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. Nesse sentido, entende-se que mesmo sendo proveniente da reserva técnica, a água do Açude Epitácio Pessoa pode ser utilizada desde que assegurada após tratamento a sua potabilidade. De um modo geral, a qualidade da água é atestada por meio de análises físico-químicas, microbiológicas e organolépticas.

Por fim, com a conclusão deste estudo será possível fazer uma análise comparativa entre os resultados da água na sua fase bruta e tratada e relacioná-los com os volumes registrados no Açude Epitácio Pessoa pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba nos meses da coleta das amostras.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do “volume morto” do Açude Epitácio Pessoa nas fases bruta e tratada.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Verificar características físico-químicas da água.
- Verificar a presença de microrganismos na água.
- Comparar os resultados obtidos nas análises com os parâmetros estabelecidos pela legislação vigente.
- Relacionar os resultados obtidos com o volume mensal do Açude Epitácio Pessoa nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba nasce na serra do Município de Monteiro, possui uma área de 20.127,17 km² e é considerada a segunda maior do estado, pois compreende 38% do território paraibano, abrigando 1.894.439 habitantes, que corresponde a mais de 53% da população total estadual. Vista como uma das Bacias mais importantes do semiárido nordestino é composta pela sub-Bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba. Além da grande densidade demográfica, as cidades de João Pessoa e Campina Grande estão incluídas nessa Bacia (AESAs, 2017).

Na Figura 1 pode ser observada a divisão da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba e a localização do Açude Eptácio Pessoa, foco desse estudo. Observando a imagem é possível perceber que o açude localiza-se na confluência entre o Alto Paraíba na faixa Oeste com a sub-Bacia do Taperoá principal afluente do Rio Paraíba do lado Norte.

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.



Fonte: Rêgo (2015).

Conforme Teodoro (2007 *apud* BARRELLA *et al.*, 2007), entende-se por Bacia Hidrográfica o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisões de água, onde as águas das chuvas, ou escoam

superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático.

Na Figura 2 pode ser observado um esquema simples de uma Bacia Hidrográfica formada por pequenos afluentes que descem do alto das serras e montanhas formando as cabeceiras de outros riachos maiores que se juntam e formam o rio principal.

Figura 2 - Esquema Simples da Formação de uma Bacia Hidrográfica.



Fonte: AESA (2017).

Um rio principal pode ser classificado de acordo com a sua capacidade de se manter cheio em toda a sua extensão, sendo considerado perene quando, mesmo em época de pouca chuva o rio seja capaz de manter-se com um volume expressivo de água e intermitente ou temporário quando ele não apresenta um fluxo contínuo de água em seu leito, ou seja, apresenta grandes áreas sem água ou se mostra totalmente seco, voltando a encher em períodos chuvosos.

O Rio Paraíba, embora ocupe uma longa faixa territorial, não é considerado perene, isso porque nas regiões do Alto e Médio Paraíba ele seca completamente em alguns trechos e em outros se formam pequenos poços e/ou veias d'água que o caracterizam como rio temporário. Em contra partida, na região do Baixo curso como pode ser observado na Figura 3, o rio impressiona com seu volume de água, deixando claro o contraste que a bacia possui ao longo da sua extensão, o qual pode ser atribuído à irregularidade da distribuição das chuvas no território estadual.

Figura 3 - Baixo Curso do Rio Paraíba Desaguando em Cabedelo.



Foto: Pimentel (2013).

Esse trecho do Baixo Paraíba tem grande importância logística e comercial, pois nele está localizado o Porto de Cabedelo (Companhia Docas da Paraíba), por onde passam milhares de toneladas de grãos e litros de combustíveis todos os anos entre importação e exportação (PORTO DE CABEDELLO, 2017).

2.2 CARIRI PARAIBANO

A região do Cariri paraibano, localiza-se no centro do território estadual, apresenta-se subdividida em duas porções, a Oriental na faixa central sul e a Ocidental que fica mais ao norte da área central do estado onde está situada a sub-Bacia do Rio Taperoá. De forma geral, essas microrregiões apresentam as mesmas características de clima, relevo e vegetação e, por esse motivo, a região do Cariri será tratada neste trabalho como um todo.

Considerada uma das áreas mais secas e áridas do Brasil, o Cariri faz parte da mesorregião da Borborema, onde predomina o clima semiárido quente, de acordo com a classificação climática de *Köppen* (BSh), caracterizado pela irregularidade das chuvas, em média de 500mm anuais e temperaturas em torno de 26°C (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2011).

A área de domínio do clima semiárido apresenta a caatinga como principal vegetação, que além do Cariri recobre ainda as regiões do Sertão, Curimataú e Seridó que correspondem a 65% do território. Essa vegetação é apresentada por xerófilas, cactáceas, caducifólias e aciculifoliadas, representadas por espécies como: xiquexique, mandacaru, macambira,

baraúnas, aroeira, angico, umbuzeiro, juazeiros e outros (ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS, 2011).

Os solos dessa região são em geral, rasos e pedregosos, com espessura inferior a 50cm, possuem uma estreita camada de material terroso sobre a rocha, ocorrendo mais frequentemente, em áreas de relevo acidentado. São classificados como solos com grande potencial para aproveitamento hidro agrícola, embora necessite de um manejo eficiente devido sua tendência à salinização e à solidificação. Os solos do tipo argiloso encontram-se muito sulcados por processos erosivos como o escoamento pluvial. Estes solos ficam encharcados no período das chuvas, mas, tão logo chegue à estiagem endurecem, não favorecendo a utilização agrícola. O solo descoberto é resultado da prolongada estiagem que afeta o território, bem como do pastoreio que contribui para deixá-lo mais exposto ao processo de carregamento do material pelas águas das chuvas, favorecendo a evolução das ravinas e intensificando o processo de desertificação (RESUMO EXECUTIVO: PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL, 2010).

2.3 O AÇUDE EPITÁCIO PESSOA E A CRISE HÍDRICA

Construído em 1951 pelo Departamento Nacional de Combate a Seca (DNOCS), o açude foi idealizado com o objetivo de ter usos múltiplos, inicialmente com a finalidade de geração de energia e irrigação de culturas agrícolas. No ano seguinte a sua inauguração, em função de uma crise de abastecimento em Campina Grande, foi construída a primeira adutora para atender o abastecimento urbano. Paralelamente a esta ação, procurava-se também a penerização do Rio Paraíba, bem como o desenvolvimento de atividades como piscicultura, turismo e lazer (BRITO e VIANA, 2008).

Ao longo da história, alguns estudos mostraram que a capacidade teórica de armazenamento do Açude Epitácio Pessoa foi alterada por diferentes motivos. Segundo a AESA (2017), o açude possui capacidade máxima para armazenar 411.686.287 de m³ e tornou-se a principal fonte de captação de água para uso humano e industrial da maioria dos municípios que fazem parte do compartimento da Borborema que compreende parte das microrregiões do Agreste e Cariri, abastecendo um total de dezenove unidades municipais.

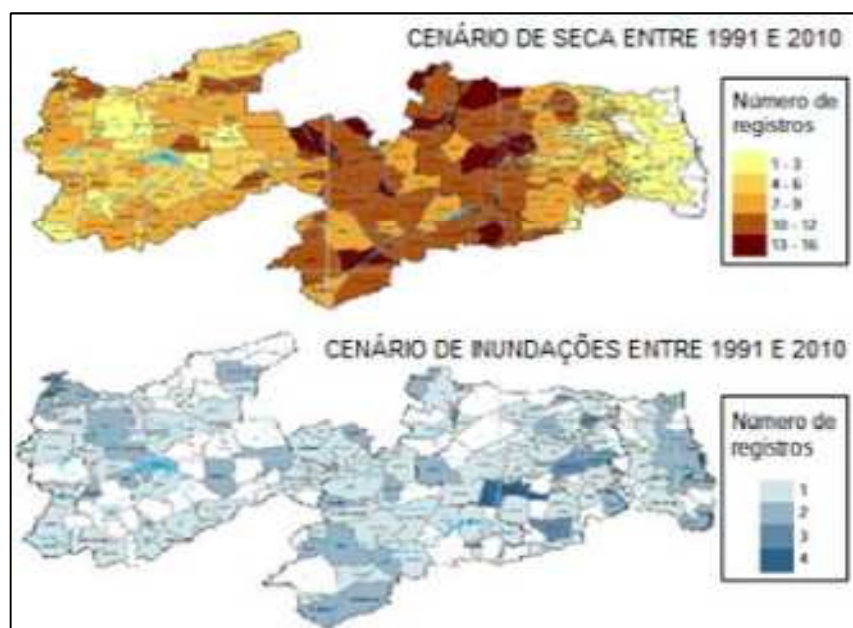
Considerando o ano da sua construção, o açude completará em 2017, sessenta e seis anos e o cenário é bem diferente do idealizado em 1951. As tentativas de tornar o Rio Paraíba perene e de desenvolver a piscicultura não se concretizaram, os setores de turismo e lazer embora de forma modesta sejam os únicos que no cenário atual existam em Boqueirão

enfrentam dificuldades. Segundo alguns proprietários de balneários, bares e restaurantes da cidade, o baixo volume da água do açude causado pela seca tem afastado os turistas.

Do ponto de vista meteorológico para Castro (2003), a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes, que durante o período de seca causa uma ruptura do metabolismo hidrológico intensificando o consumo e reduzindo a acumulação. As reservas hídricas de superfície diminuem em função da redução intensa e sustentada das precipitações pluviométricas, incremento das perdas líquidas causadas pela evaporação, pela transpiração e redução dos níveis de umidade relativa do ar, entre outros.

De acordo com Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011), as ocorrências relativas aos fenômenos de estiagens e secas compõem o grupo de desastres naturais associadas à intensa redução das precipitações hídricas, ou seja, situação oposta às inundações provocadas por longos períodos chuvosos, ou ainda, por ocorrência de forte precipitação em um curto intervalo de tempo. Estiagens e secas são os desastres naturais mais frequentes e tidos como um dos maiores problemas enfrentado pela Paraíba, correspondem a 85% dos registros de desastres naturais no Estado e estão associados à redução das precipitações pluviométricas. Nesse sentido, a Figura 4 apresenta a comparação das ocorrências desses fenômenos entre os anos de 1991 e 2010 na Paraíba.

Figura 4 - Mapa de Desastres Naturais Causados por Estiagem e Seca na Paraíba no Período de 1991 a 2010.



Fonte: Adaptado do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011).

É possível perceber que o número de registros de casos de seca é superior aos de inundações e que a área mais atingida pela estiagem prolongada é a parte central do estado, onde estão inseridas as Bacias do Alto Paraíba e do Rio Taperoá responsáveis pela recarga do Açude Epitácio Pessoa.

Na Tabela 1 pode ser observado o número de ocorrências de secas registradas pelos principais Municípios que são cortados pelo Rio Taperoá e o Alto Paraíba. Os dados expostos na Tabela 1 foram obtidos segundo o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011) através de documentos oficiais do Estado da Paraíba em 2011 e são considerados importantes, pois entende-se que se houve uma sequência grande de períodos de estiagem nas cidades localizadas nos cursos dos rios, supõe-se que os mesmos receberam pouca ou nenhuma quantidade de água, conseqüentemente o Açude Epitácio Pessoa também não foi contemplado com recargas d'água, tendo em vista que o Rio Taperoá e o trecho do Alto Curso do Rio Paraíba se confluem formando o Açude Epitácio Pessoa.

Tabela 1 - Número de Registros de Casos de Secas nas Principais Cidades nas Imedições dos Rios Taperoá e o Trecho do Alto Curso do Rio Paraíba entre os anos de 1991 e 2010.

Principais Cidades da Região do Rio Taperoá	Nº de Registros de Casos de Seca de 1991 a 2010	Principais Cidades da Região do Alto Curso do Rio Paraíba	Nº de Registros de Casos de Seca de 1991 a 2010
Assunção	12	Amparo	11
Boa Vista	12	Barra de São Miguel	10
Cabaceiras	9	Boqueirão	10
Desterro	8	Camalaú	13
Gurjão	9	Caraúbas	10
Juazeirinho	9	Congo	11
Livramento	11	Coxixola	7
Olivedos	8	Monteiro	12
Pararí	15	Ouro Velho	8
Santo André	10	Prata	11
São João do Cariri	10	São Domingos do Cariri	7
São José dos Cordeiros	12	São João do Tigre	11
Serra Branca	11	São Sebastião do Umbuzeiro	9
Soledade	10	Sumé	9
Taperoá	10	Zabelê	10
Total de registros	156	Total de registros	149

Fonte: Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2011). Elaboração Própria.

Conforme a AESA (2017), a última vez que o Açude Epitácio Pessoa ultrapassou seu volume máximo vulgarmente chamado de “sangrou”, foi em Março de 2011, quando atingiu 432.824.468 milhões de m³ e permaneceu acima de sua capacidade durante seis meses, como pode ser verificado na Tabela 2.

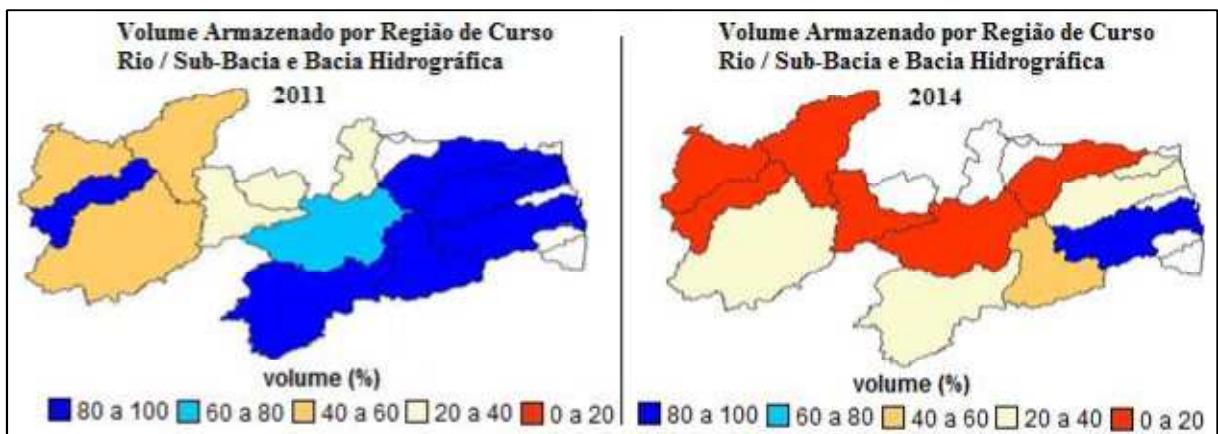
Tabela 2 - Volume do Açude Epitácio Pessoa em 2011.

Mês	Volume do Açude (m ³)	Capacidade (%)
Janeiro	327.871.445	79,6
Fevereiro	366.887.439	89,1
Março	432.824.468	100,0
Abril	445.412.742	100,0
Mai	433.663.686	100,0
Junho	423.402.672	100,0
Julho	426.245.554	100,0
Agosto	418.935.287	100,0
Setembro	408.947.170	99,3
Outubro	397.258.174	96,5
Novembro	386.636.492	93,9
Dezembro	373.957.565	90,8

Fonte: Elaboração Própria com Dados AESA (2017).

Em 2012, iniciou-se um período de seca, o qual tem se estendido até a data da realização deste estudo. Na Figura pode ser observada uma comparação entre os volumes armazenados por região de curso de rios, Bacia e sub-Bacia nos anos de 2011 e 2014 em todo o estado. Nesta, percebe-se que pouca água foi acumulada em 2014 e que esse cenário praticamente vem se repetindo até os dias atuais.

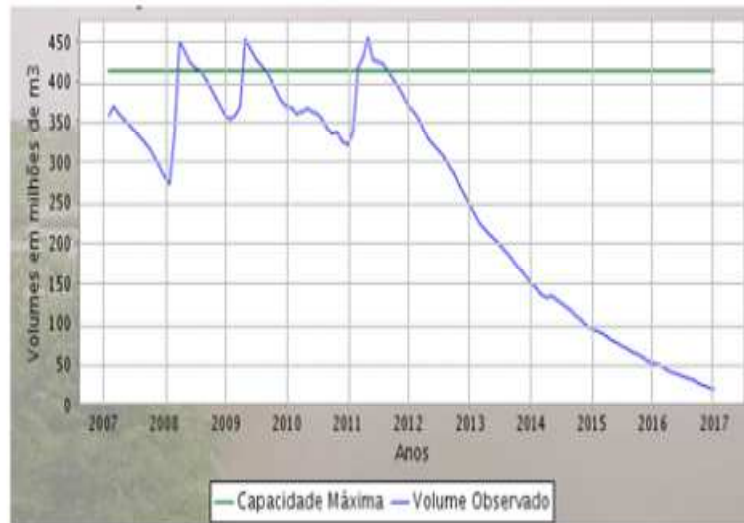
Figura 5 - Comparação dos Volumes Armazenados por Região de Curso dos Rios, Bacia e sub-Bacia nos anos de 2011 e 2014.



Fonte: Adaptado de AESA (2017).

Em 14 de Fevereiro de 2017, o Açude Epitácio Pessoa registrava seu menor volume desde a sua construção, 16.336 milhões de m³, amargando 4% da sua capacidade total (AESA, 2017). A Figura 6 apresenta como o volume do açude variou nos últimos dez anos.

Figura 6 - Evolução do Volume Armazenado do Açude Epitácio Pessoa de 2007 a 2017.



Fonte: AESA (2017).

Atualmente, a condição do volume do Açude de Epitácio Pessoa é considerada crítica pela AESA (2017) e no que se refere à qualidade da água, sabe-se que fontes de captação que apresentam baixo nível em seu volume, não são totalmente recomendadas por causa da proximidade da água com os sedimentos depositados no fundo do reservatório. Na Figura 7 pode ser observada a vista de cima do açude quando foram coletadas as primeiras amostras para esse estudo.

Figura 7 - Açude Epitácio Pessoa no Mês de Janeiro de 2017.



Fonte: Própria (2017).

Segundo dados da AESA (2017), a situação dos 127 açudes monitorados no Estado da Paraíba até o dia 20 de Fevereiro de 2017 se encontrava da seguinte forma: 24 reservatórios

com capacidade armazenada superior a 20% do seu volume total, 33 reservatórios em estado de observação (menor que 20% do seu volume total), 70 reservatórios em situação crítica (menor que 5% do seu volume total) e nenhum reservatório sangrando.

2.4 VOLUME MORTO

A reserva técnica de água, também conhecida como volume morto, representa o nível de água abaixo do sistema de captação. A caracterização do uso da reserva técnica se dá no momento em que bombas de sucção são utilizadas para retirar a água de um reservatório superficial para levá-la até a Estação de Tratamento de Água.

A Figura 8 apresenta o tipo de bomba utilizada na captação do volume morto do Açude Epitácio Pessoa, que segundo uma matéria publicada por Wênia Bandeira no Correio da Paraíba, para fazer a retirada da água é utilizado um conjunto de três bombas que entraram em operação em Julho de 2016 quando o manancial atingiu a reserva técnica chegando a 33,8 milhões de m³.

Figura 8 - Bomba de Captação do Açude Epitácio Pessoa.



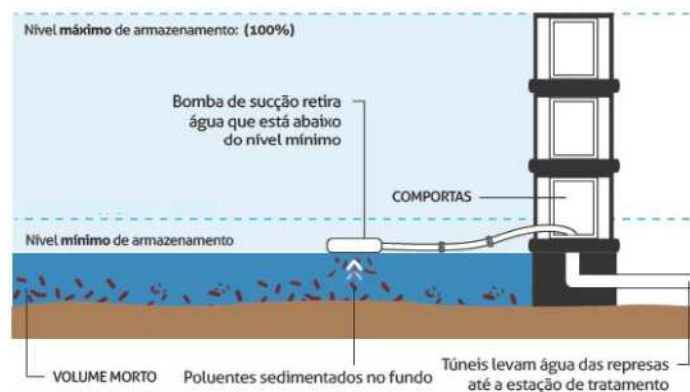
Foto: Martins (2016).

O uso do volume morto requer um cuidado maior que o habitual, pois a água é retirada de uma área muito profunda, onde estão decantados diferentes tipos de resíduos, inclusive metais pesados, oferecendo grandes riscos à saúde dos usuários. Há também o risco de contaminação por toxinas produzidas por cianobactérias (espécies de algas), visíveis na Figura 8, que aparecem em corpos aquáticos que possuem níveis elevados de Nitrogênio e Fósforo.

O baixo nível de um reservatório pode ainda colaborar com o aumento da população de microrganismos do grupo dos *Coliformes*. Outro problema é a concentração de diferentes compostos químicos, como sais oriundos do próprio solo que potencializam a dureza da água, tornando-a imprópria para o consumo humano.

A Figura 9 ilustra a retirada de água através de bombas de sucção que podem sugar parte dos resíduos que se encontram depositados no fundo do manancial, os quais precisam receber tratamento adequado.

Figura 9 - Esquema de Retirada de Água Através de Bombas.



Fonte: Adaptado de Maranhão (2014).

A Figura 10 apresenta o sistema utilizado para retirar a água da reserva técnica do Açude Epitácio Pessoa composto por três bombas flutuantes, uma torre de equilíbrio de captação e a estação de tratamento.

Figura 10 - Sistema de Captação Flutuante de Água do Açude Epitácio Pessoa.



Fonte: Própria (2017).

2.5 CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA

A Microbiologia preocupa-se com o estudo dos microrganismos e de suas atividades. Estuda a forma, a estrutura, a reprodução, a fisiologia, o metabolismo e a identificação dos seres microscópicos. Preocupam-se com a distribuição natural, suas relações recíprocas com outros seres vivos, seus efeitos benéficos e prejudiciais sobre os homens e as alterações físicas e químicas que provocam em seu meio ambiente (CARVALHO, 2010).

A análise microbiologia da água é realizada com a intenção de garantir a sua segurança sanitária, ou seja, assegurar que seus parâmetros estão em conformidade com as normas vigentes para água de consumo humano. Para tanto, utiliza-se alguns microrganismos que servem de referência como indicadores de contaminação biológica nas análises de contagem e identificação, a fim de certificar o grau de potabilidade da água.

A ocorrência de contaminação microbiológica é observada a partir da identificação de microrganismos nos mais diversos ambientes, que sejam capazes de oferecer as condições necessárias para o desenvolvimento microbiano. Os microrganismos são seres vivos muito pequenos que podem ser visto com o auxílio de microscópio, com exceção de algumas espécies de algas e fungos.

Devido ao grande número e a existência de diferentes tipos e espécies, muitos autores classificam os microrganismos de acordo com suas características morfológicas, reprodutivas, capacidade de produção do seu próprio alimento, patogenicidade, entre outras. A maioria das espécies microbianas se desenvolve facilmente no meio ambiente, no entanto existem alguns tipos que exigem condições específicas de: pH, temperatura, disponibilidade de sais e nutrientes e atividade de água. Segundo Carvalho (2010), a água é um dos fatores mais importantes no crescimento microbiano, pois os microrganismos necessitam de umidade para se desenvolverem, tendo o crescimento máximo quando dispõem de água suficiente.

A ocorrência de contaminação microbiológica na água do Açude Epitácio Pessoa nas fases bruta e tratada, que de acordo com a Resolução CONAMA 357/05 e a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde, podem ser feitas através da contagem de bactérias heterotróficas, pesquisa de *Coliformes totais* e *Escherichia Coli*.

2.5.1 Contaminação por *Coliformes totais* e *E. coli*

Os *Coliformes totais* representam um grupo de bactérias que são encontradas principalmente nas fezes de homens e animais. A determinação da presença de *Coliformes* é

utilizada como parâmetro de potabilidade de água para consumo humano, a qual deve apresentar ausência desse microrganismo.

Esses microrganismos pertencem a um grupo de bactérias que contém bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativa, capazes de crescer na presença de sais biliares ou outros compostos ativos de superfície, com propriedades similares de inibição de crescimento, e que fermentam a lactose com produção de ácidos, aldeídos e gás a 35°C de 24-48 horas. Este grupo contém os seguintes gêneros: *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiela* (BETTEGA, 2006 *apud* RATTI, 2011). Quando presente em seu *habitat* natural, esses seres vivos não oferecem riscos aos humanos, mas fora do seu ambiente são capazes de causar sérios danos à saúde.

Os *Coliformes termotolerantes* são bactérias capazes de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas e recebem esse nome porque crescem em temperaturas mais altas a 44°C. A *Escherichia coli* é a principal bactéria representante desse grupo, sendo encontrada, geralmente, no intestino dos mamíferos, inclusive dos seres humanos. A *E. coli* quando restrita apenas a esta parte do corpo não causa doenças, no entanto em contato com outros órgãos causa sérias infecções que podem levar até a morte do indivíduo.

A Portaria 2.914 do Ministério da Saúde estabelece que a água advinda de Estação de Tratamento seja isenta da presença de *Coliformes totais* e *termotolerantes*. A Resolução 357/05 CONAMA estabelece limites diferentes de acordo com o uso e o tipo de água. Sendo considerada doce, a água bruta do Açude Epitácio Pessoa não deverá exceder o limite de 200/UFC de *Coliformes termotolerantes* por 100 mililitros em 80% ou mais, de pelo menos seis amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro *Coliforme termotolerante*, de acordo com os limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

2.5.2 Contaminação por Cianobactérias

A identificação da presença de cianobactérias torna-se necessária visto que, as toxinas produzidas por esses microrganismos oferecem grande risco à saúde humana e o monitoramento da sua população foi incluído na Portaria 2.914 e na Resolução 357/05.

As cianobactérias são microrganismos procariotos, autótrofas fotossintetizantes e estão presentes na maioria dos ecossistemas do planeta, principalmente nos que apresentam maiores quantidades de Nitrogênio e Fósforo. Dentre os aproximadamente 150 gêneros descritos, 40 estão relacionados com a produção de algum tipo de toxina. Até 1996, o estudo das

cianobactérias abordava assuntos relacionados à evolução dos seres vivos, taxonomia, sistemática e ecologia. Após evento de óbitos de pacientes em uma clínica de hemodiálise no município de Caruaru – PE em decorrência da contaminação da água por hepatotoxina (*Microcystina L-R*), um novo olhar foi direcionado ao estudo desses organismos. Pode-se afirmar, que a tragédia da hemodiálise, como assim ficou conhecida, configurou-se como um marco nas mudanças de pensamento sobre as cianobactérias (BRASIL, 2015).

As toxinas de cianobactérias, de acordo com seus mecanismos de ação, podem ser agrupadas em neurotóxicas e hepatotóxicas. Estas podem ser consideradas os principais agentes tóxicos produzidos pelas cianobactérias, pois causam sérios danos à vida animal e a saúde humana, quando presentes em águas de recreação e/ou consumo. As neurotoxinas, caracterizadas por sua ação rápida, causam, apesar dos diferentes mecanismos de ação, a morte de vertebrados por parada respiratória após poucos minutos de exposição (BRASIL, 2015).

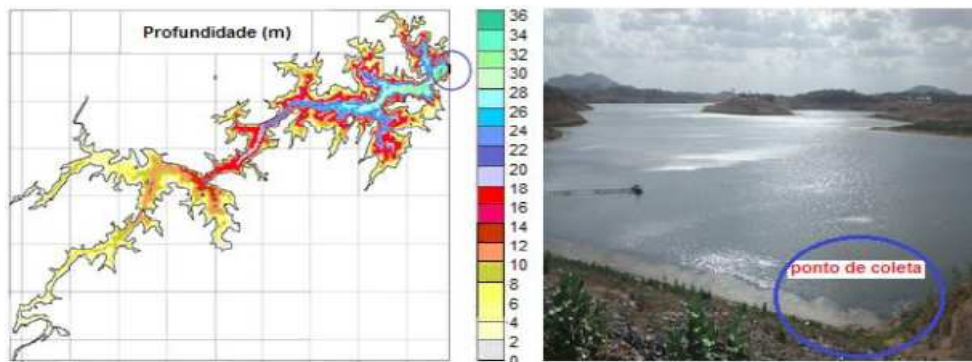
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 COLETA DAS AMOSTRAS

As amostras foram coletadas nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017 e divididas em dois grupos: Água Bruta (AB) coletada diretamente do manancial e Água Tratada (AT) coletada em torneiras residenciais nas cidades de Queimadas e Campina Grande, de modo que para cada grupo foram recolhidas três amostras por mês. É válido relatar que nesse período não foi registrado qualquer aumento expressivo no volume do manancial, ou seja, não houve a ocorrência de chuvas significativas na região e as águas da transposição do Rio São Francisco ainda não haviam chegado.

A escolha do ponto de coleta levou em consideração três aspectos básicos: acessibilidade, profundidade e proximidade as bombas de captação, que juntos garantem uma maior representatividade da água do açude. A Figura 11 apresenta o Açude Epitácio Pessoa onde as amostras foram retiradas e a profundidade de acordo com os dados da AESA de 2004.

Figura 11 - Profundidade e Ponto de Coleta das Amostras.



Fonte: Adaptado da AESA (2004).

As amostras foram coletadas e armazenadas em recipientes totalmente estéreis e colocadas dentro de uma caixa de isopor e em seguida levadas para o laboratório de uma indústria de cosméticos da cidade de João Pessoa onde foram analisadas. A Figura 12 apresenta como foi realizada a coleta das amostras.

Figura 12 - Coleta das Amostras.



Fonte: Própria (2017).

3.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Segundo Brasil (2014), para caracterizar uma água diversos parâmetros devem ser determinados, pois esses são indicadores da qualidade estabelecidos para determinar o seu uso.

As características físico-químicas da água estão associadas a uma série de processos que ocorrem no corpo hídrico e em sua Bacia de drenagem. As capacidades de dissolução e de transporte da água condicionam de maneira absoluta, a conformação da sua qualidade, pois sendo ela capaz de dissolver uma ampla variedade de substâncias, as quais conferem a mesma suas características peculiares, pode ainda assumir um caráter fortemente dinâmico por ser responsável pelo transporte de diferentes compostos durante o seu curso, mudando continuamente de posição e estabelecendo novos vetores no que se refere a sua qualidade (BRASIL, 2014).

Além das análises físico-químicas estabelecidas pela Portaria 2.914/11 e pela Resolução 357/05, este trabalho compreende também a determinação de outros parâmetros não obrigatórios que assumem caráter complementar na análise da água do volume morto do Açude Epitácio Pessoa.

3.2.1 Análises Fotométricas

As determinações por fotometria foram realizadas em um analisador multiparâmetro, que é um fotômetro baseado no princípio de absorção da luz, que emite um feixe luminoso atravessando a substância, onde parte da radiação pode ser absorvida pelos átomos, moléculas

ou estruturas cristalinas. Se a absorção completa ocorre, a fração da luz absorvida depende tanto do caminho óptico através da matéria, quanto das características físico-químicas da substância, de acordo com a Lei de Lambert-Beer. Dessa forma, a concentração da substância pode ser calculada por sua absorbância (HANNA INSTRUMENTS, 2009).

As análises químicas fotométricas são baseadas na possibilidade de desenvolver um composto que absorva a luz, de uma reação química específica entre a amostra e os reagentes. Nas análises, a cubeta tem um papel importante porque é um elemento óptico e assim, necessita de uma atenção particular. É importante que a medição e a calibração (zero) da cubeta sejam idênticas para fornecer a mesma condição de medida e que sejam feitas no mesmo ponto óptico. A superfície da cubeta deve ser limpa e não pode ser arranhada para evitar interferência nas medições devido a reflexos não desejados e absorção da luz. A Figura 13 apresenta o analisador fotômetro multiparâmetro, que além da determinação da cor é capaz de realizar a leitura de outros 43 parâmetros como: cloro livre, amônia, ferro, nitrito, cálcio, magnésio, entre outros (HANNA INSTRUMENTS, 2009).

Figura 13 - Analisador Fotômetro Multiparâmetro HI83200.



Fonte: Hanna (2017).

3.2.1.1 Determinação da Cor da Água

A cor da água é produzida pela reflexão da luz em partículas minúsculas de dimensões inferior a 1µm denominadas coloides, finamente dispersas podem ser de origem orgânica (ácidos húmicos e fúlvicos) ou mineral (resíduos industriais, compostos de Ferro e Manganês). A determinação da intensidade da cor da água é feita comparando-se a amostra com um padrão de cobalto-platina, sendo o resultado fornecido em unidades de cor, chamadas uH (unidade Hazen). As águas naturais apresentam, em geral, intensidades de cor variando de

0 a 200 unidades, no entanto, valores inferiores a dez unidades são dificilmente perceptíveis (BRASIL, 2014).

Ainda segundo Brasil (2014), na caracterização de águas para abastecimento, distingue-se a cor aparente, na qual se consideram as partículas suspensas, da cor verdadeira determinada após centrifugação da amostra. Para atender o padrão de potabilidade, a água deve apresentar intensidade de cor aparente inferior a cinco unidades. A determinação deste parâmetro foi desenvolvida da seguinte maneira: Encheu-se uma cubeta com 10 mL de água deionizada. Esse é o branco. Colocou-se o branco no suporte do aparelho e fechou-se a tampa. Apertou-se o botão ZERO. Removeu-se o branco, e encheu-se a segunda cubeta até a marca com amostra de água potável não filtrada e recolocou-se a tampa. Essa é a cor aparente. Então recolocou-se a cubeta da cor aparente dentro do instrumento. O medidor mostrou o valor da cor aparente em PCU (unidade platina de cobalto ou mg Pt Co/L). Removeu-se a cubeta, inseriu-se a cor verdadeira dentro do instrumento. Uma unidade de Cor (1uC) = uma unidade Hazen (1uH) = 1mg Pt Co/L. A cor aparente da água tratada deve ser de no máximo 15 uH.

3.2.1.2 Determinação da Concentração de Compostos Nitrogenados Amônia (NH_3), Amônio (NH_4^+) e Nitrito (NO_2^-)

O ciclo do Nitrogênio conta com a participação de bactérias, tanto no processo de nitrificação (oxidação bacteriana do Amônio a Nitrito e deste o Nitrato), quanto no de desnitrificação (redução bacteriana do Nitrato ao gás Nitrogênio). O Nitrogênio é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de algas e macrófitas (plantas aquáticas superiores), sendo facilmente assimilável nas formas de Amônio e Nitrato. Em condições fortemente alcalinas, ocorre o predomínio da Amônia livre (ou não ionizável), que é bastante tóxica a vários organismos aquáticos (BRASIL, 2014).

Conforme apresentado em Brasil (2014), no meio aquático o Nitrogênio pode ser encontrado em diferentes formas:

- a) Nitrogênio molecular (N_2): nesta forma, o Nitrogênio está continuamente, sujeito a perdas para a atmosfera. Para algumas espécies de algas fixa o Nitrogênio atmosférico permite o seu crescimento, mesmo quando as outras formas de Nitrogênio não estão disponíveis na massa líquida.
- b) Nitrogênio orgânico: constituído por Nitrogênio na forma dissolvida (compostos nitrogenados orgânicos) ou particulada (biomassa de organismos).

- c) Íon amônio (NH_4^+): forma reduzida do Nitrogênio, sendo encontrada em condições de anaerobiose; serve ainda, como indicador do lançamento de esgotos de elevada carga orgânica.
- d) Íon nitrito (NO_2^-): forma intermediária do processo de oxidação, apresentando uma forte instabilidade no meio aquoso.
- e) Íon nitrato (NO_3^-): forma oxidada de Nitrogênio, encontrada em condições de aerobiose.

Determinação da Concentração Amônia (NH_3) e Amônio (NH_4^+)

- a) Selecionou-se no fotômetro o método AMONIA GM.
- b) Encheu-se a cubeta com 10 mL da amostra sem o reagente. Colocou-se a cubeta dentro do equipamento e fechou-se a tampa. Pressionou-se a tecla ZERO.
- c) Removeu-se a cubeta e adicionaram-se quatro gotas do reagente HI93715A-0, recolocou-se a tampa e misturou-se suavemente, em seguida adicionaram-se quatro gotas do reagente HI93715B-0 e misturou-se suavemente a solução.
- d) Colocou-se a cubeta dentro do equipamento e pressionou-se o botão CRONÔMETRO. Quando o tempo de reação terminou, o equipamento mostrou o resultado em: mg/L de Nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$), mg/L de Amônia (NH_3) e em mg/L de Amônio (NH_4^+). O limite máximo de Amônia para água tratada é 1,5 mg/L.

Determinação da Concentração Nitrito (NO_2^-)

- a) No fotômetro escolheu-se o método NITRITE GB.
- b) Encheu-se a cubeta com 10 mL da amostra de água potável e colocou-se no fotômetro e apertou-se o botão ZERO. Removeu-se a cubeta e adicionou-se o reagente HI 93707-01, recolocou-se a tampa na cubeta e agitou-se gentilmente por 20 segundos.
- c) Recolocou-se a cubeta dentro do fotômetro e apertou-se o botão CRONÔMETRO. Quando o cronômetro zerou o instrumento mostrou o resultado em mg/L de Nitrito (NO_2^-). A concentração de Nitrito (NO_2^-) na água tratada é de no máximo 1,0 mg/L. O mesmo limite aplica-se para a água bruta.

3.2.1.3 Determinação da Concentração de Ferro Total (Fe)

O Ferro apresenta um comportamento químico semelhante ao do Manganês, por isso são geralmente encontrados conjuntamente. Estes elementos não apresentem inconvenientes à saúde nas concentrações normalmente encontradas nas águas naturais. Podem provocar problemas de ordem estética (manchas em roupas e vasos sanitários) ou prejudicar determinados usos industriais da água (BRASIL, 2014).

Para determinar a concentração de ferro adotou-se o seguinte procedimento:

- a) No fotômetro escolheu-se o método FERRO GA.
- b) Encheu-se a cubeta com 10 mL da amostra e colocou-se a cubeta no aparelho e apertou-se o botão ZERO. Removeu-se a cubeta e adicionou-se o reagente HI 93721-01. Recolocou-se a cubeta dentro do instrumento e apertou-se o botão CRONÔMETRO. Quando o cronômetro zerou o instrumento mostrou o resultado em mg/L de Ferro (Fe). O teor de Ferro (Fe) na água tratada deve ser de no máximo 0,3 mg/L. O mesmo limite aplica-se para a água bruta.

3.2.1.4. Determinação da Dureza em Íons Cálcio (Ca^{2+})

A dureza indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. Os cátions mais frequentemente associados à dureza são os de Cálcio e Magnésio (Ca^{+2} , Mg^{+2}) e, em menor escala, Ferro (Fe^{+2}), Manganês (Mn^{+2}), Estrôncio (Sr^{+2}) e Alumínio (Al^{+3}). A dureza pode ser classificada como dureza carbonato ou dureza não carbonato, dependendo do ânion com o qual ela está associada. A dureza carbonato corresponde à alcalinidade, estando, portanto em condições de indicar a capacidade de tamponamento de uma amostra de água. A origem da dureza das águas pode ser natural (dissolução de rochas calcárias, ricas em Cálcio e Magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais). A dureza da água é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio ($CaCO_3$) e pode ser classificada em mole ou branda: < 50 mg/L de $CaCO_3$; dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de $CaCO_3$; dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de $CaCO_3$; e muito dura: >300 mg/L de $CaCO_3$ (BRASIL, 2014).

Na determinação da dureza em íons cálcio, procedeu-se da seguinte maneira:

- a) No fotômetro escolheu-se o método CÁLCIO.
- b) Usando-se uma seringa de 5 mL adicionou-se exatamente 3,0 mL da amostra a cubeta. Encheu-se a cubeta até a marca de 10 mL com o reagente HI93752A-CA e em seguida

adicionou-se quatro gotas do reagente tampão e misturou-se suavemente. Colocou-se a cubeta dentro do equipamento e pressionou-se a tecla ZERO. Removeu-se a cubeta e com uma seringa de 1 mL, adicione exatamente 1 mL do reagente HI93752B-CA. Inseriu-se a cubeta no equipamento e pressionou-se a tecla CRONÔMETRO. Após 5 minutos o equipamento mostrou o resultado em mg/L de íons Cálcio.

Interferências podem ser causadas por: acidez ou alcalinidade (como CaCO_3) acima de 1000 mg/L, Magnésio (Mg^{2+}) acima de 400 mg/L, entre outros. Não é estabelecido pelos órgãos regulamentadores parâmetros para concentrações máximas ou mínimas de íons Cálcio, apenas para dureza em carbonato de cálcio.

3.2.1.5. Determinação da Dureza em Íons Magnésio (Mg^{2+})

Assim como o Cálcio, a dureza para o Magnésio também é expressa em mg/L de equivalente em carbonato de magnésio (MgCO_3), foi realizada a determinação da dureza em íons Magnésio utilizando-se o procedimento:

- a) No fotômetro escolheu-se o método MAGNÉSIO.
- b) Usando-se uma seringa de 1,0 mL adicionou-se exatamente 1,0 mL do reagente HI93752A-Mg à cubeta e completou-se o volume até a marca de 10,0 mL com o reagente HI93752B-Mg. Inseriu-se a cubeta e pressionou-se a tecla ZERO. Removeu-se a cubeta e usando outra seringa de 1,0 mL adicionou-se exatamente 0,5 mL da amostra. Recolocou-se a cubeta no fotômetro e pressionou-se a tecla CRONÔMETRO. Após 15 segundos o equipamento mostrou o resultado em mg/L de íons Magnésio.

Interferências podem ser causadas por: acidez ou alcalinidade (como CaCO_3) acima de 1000 mg/L, cálcio (Ca^{2+}) acima de 200 mg/L. Não é estabelecido pelos órgãos regulamentadores parâmetros para concentrações máximas ou mínimas de íons Magnésio, apenas para dureza em carbonato de magnésio.

3.2.1.6. Determinação do Cloro Residual Livre

Conforme Brasil (2014), as quantidades presentes na água de cloro elementar (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito (OCl^-) é denominada de cloro residual livre, compostos de extrema importância na inibição do crescimento bacteriano, pois combinam-se

com compostos nitrogenados, formando o cloro combinado, onde a soma das concentrações do cloro livre e do cloro combinado representa o valor do cloro total.

A determinação da concentração de cloro residual livre é expressa em mg/L, e foi efetuada por fotometria através do seguinte procedimento:

- a) No fotômetro escolheu-se o método CLORO LIVRE.
- b) Encheu-se a cubeta com 10 mL da amostra de água tratada e recolocou-se a tampa. Colocou-se a cubeta no suporte do aparelho e fechou-se a tampa. Apertou-se o botão ZERO. Removeu-se a cubeta e adicionou-se o reagente HI 93701-01. Recolocou-se a cubeta dentro do instrumento e apertou-se o botão CRONÔMETRO. Quando o cronômetro zerou, o instrumento mostrou o resultado em mg/L de cloro residual livre. O teor de cloro residual livre na água tratada deve ser de no mínimo 0,2 mg/L e no máximo 2,0 mg/L.

3.2.2 Determinação da Turbidez

A determinação da turbidez foi executada em um turbidímetro que é um aparelho utilizado para a medição da turbidez da água, que funciona pela passagem de um feixe de luz através de uma cubeta contendo a amostra a ser analisada. A fonte de luz é um LED infravermelho de alta emissão com um pico de comprimento de onda em 890 nm. Um sensor, posicionado a 90° em relação à direção da luz, detecta a quantidade de luz dispersa pelas partículas não dissolvidas presentes na amostra.

O microprocessador do equipamento converte as leituras em valores FTU/NTU. Segundo Brasil (2014), a alteração à penetração da luz na água decorre na suspensão, sendo expressa em unidades de turbidez (uT), também denominadas unidades de Jackson ou nefelométricas (NTU), que em conformidade com as disposições dos EUA, é o mesmo que FTU. A Figura 14 apresenta o turbidímetro modelo HI98703 série 08228985 utilizado.

Figura 14 - Turbidímetro Utilizado nas Análises.



Fonte: Hanna (2017).

Para a determinação da turbidez adotou-se o procedimento:

- a) Limpou-se a cubeta cuidadosamente antes de inserir na célula de medição. A cubeta deve estar completamente livre de impressões digitais, gordura ou sujeira.
- b) Colocar a cubeta na célula de medição e pressionar o botão READ/↑. O valor da turbidez aparecerá após 25 segundos.

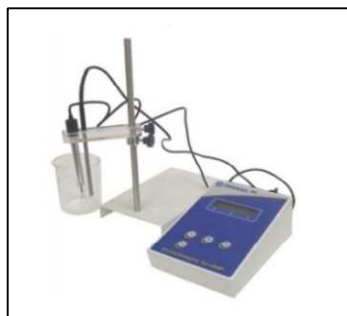
A turbidez natural das águas está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades, mas para fins de potabilidade a turbidez deve ser inferior a 1 unidade e de até cinco unidades se for considerado como parâmetro de caráter estético na qualidade da água coletada no final da rede (BRASIL, 2014). A Portaria 2.914/2011 do MS, que trata a turbidez como parâmetro sanitário, determina valores diferentes para situações diferentes. Para água tratada por filtração direta o limite máximo de turbidez é 0,5 UT, enquanto que para o processo de tratamento por filtração lenta o limite é de no máximo 1,0 UT.

3.2.3 Determinação da Condutividade e dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Os sólidos presentes na água apresentam-se na forma de suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). O padrão de potabilidade refere-se apenas aos sólidos totais dissolvidos com limite de 1000 mg/L, já que esta parcela reflete a influência de lançamento de esgotos, além de afetar a qualidade organoléptica da água (BRASIL, 2014).

Conforme Brasil (2014), a condutividade elétrica da água indica a sua capacidade de transmitir a corrente elétrica em função da presença de substâncias dissolvidas, que se dissociam em ânions e cátions. Quanto maior a concentração iônica da solução, maior a capacidade em conduzir corrente elétrica. A Figura 15 apresenta o condutivímetro modelo TEC-5 série 14050824 utilizado nas análises.

Figura 15 – Condutivímetro Utilizado nas Análises de Condutividade e de Sólidos Totais Dissolvidos.



Fonte: Tecnal (2017).

Para medição da condutividade e dos sólidos totais dissolvidos procedeu-se da seguinte forma:

- a) Ligou-se o condutivímetro e escolheu-se a opção MEDIR. Aguardou-se dez minutos para a estabilização térmica do equipamento. Com o equipamento já devidamente configurado e calibrado introduziu-se a célula na amostra e fez-se uma leve agitação em movimentos circulares e efetuou-se a leitura. O mesmo procedimento foi feito para medir a condutividade, mudou-se apenas a opção de leitura. A Portaria 2.914 estabelece um limite de sólidos totais dissolvidos de 1000 mg/L para água tratada, enquanto que o limite estabelecido para água bruta doce é de 500 mg/L de acordo com a Resolução 357/05 CONAMA.

3.2.4 Determinação da Temperatura

A temperatura exerce forte influência na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade de substâncias. A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais como a energia solar ou antropogênicas, a exemplo dos despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas. Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20°C a 30°C, valores mais elevados aumentam as perspectivas de rejeição ao uso para o consumo humano (BRASIL, 2014).

A leitura da temperatura das amostras deve ser feita imediatamente após a coleta, observando-se as condições ambientais e com o uso de um termômetro de mercúrio ou de prata devidamente calibrado e certificado.

3.2.5 Determinação do pH

O potencial hidrogênio (pH) representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, através da medição da presença de íons hidrogênio (H^+). O valor do pH influi na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, além de contribuir para um maior ou menor grau de solubilidade das substâncias, define o potencial de toxicidade de vários elementos (BRASIL, 2014). O intervalo de pH para águas de abastecimento é estabelecido pela Portaria MS n.º 2914/2011 entre 6,5 e 9,5 e para água bruta pela Resolução 357/05 aceitando-se valores entre 6,0 e 9,0. Este parâmetro foi determinado no pHmetro modelo TEC-4MP série 14090727 apresentado na Figura 16.

Figura 16 – pHmetro Utilizado nas Análises.



Fonte: Tecnal (2017).

Para determinar o valor do pH, deve-se imergir o eletrodo na amostra e efetuar a leitura quando o valor da medição estabilizar. Isso acontece quando o visor deixa de exibir (*P) e passar a exibir (pH).

3.2.6 Parâmetros Físico-Químicos para a Água Bruta e a Água Tratada

A Tabela 3 apresenta todas as análises físico-químicas compreendidas neste estudo com suas especificações para água bruta de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 3 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Físico-Químicas para Água Bruta.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA ÁGUA BRUTA		
PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES	REFERÊNCIA
Cor verdadeira	Nível de cor natural do corpo de água	Resolução 357/05
Amônia (NH₃)	No máximo 3,7 mg/L para pH ≤ 7,5	Resolução 357/05
Amônio (NH₄⁺)	No máximo 3,7 mg/L para pH ≤ 7,5	Resolução 357/05
Nitrito (NO₂⁻)	No máximo 1,0 mg/L	Resolução 357/05
Ferro (Fe)	No máximo 0,3 mg/L	Resolução 357/05
Dureza em íons Cálcio (Ca²⁺)	-----	-----
Dureza em íons Magnésio (Mg²⁺)	-----	-----
Turbidez	No máximo 40 UT	Resolução 357/05
Condutividade	-----	-----
Sólidos totais dissolvidos	No máximo 500 mg/L	Resolução 357/05
Temperatura	-----	-----
pH	Entre 6,0 e 9,0	Resolução 357/05

Fonte: Elaboração Própria com dados da Resolução CONAMA 357/05 (2017).

A Tabela 4 apresenta todas as análises físico-químicas compreendidas neste estudo com suas especificações e referências para água tratada de acordo com a Portaria 2.914 do Ministério da Saúde.

Tabela 4 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Físico-Químicas para Água Tratada.

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS PARA ÁGUA TRATADA		
PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES	REFERÊNCIA
Cor aparente	No máximo 15,0 UH	Portaria 2.914/2011-MS
Amônia (NH ₃)	No máximo 1,5 mg/L	Portaria 2.914/2011-MS
Amônio (NH ₄ ⁺)	-----	-----
Nitrito (NO ₂ ⁻)	No máximo 1,0 mg/L	Portaria 2.914/2011-MS
Ferro (Fe)	No máximo 0,3 mg/L	Portaria 2.914/2011-MS
Dureza em íons Cálcio (Ca ²⁺)	-----	-----
Dureza em íons Magnésio (Mg ²⁺)	-----	-----
Cloro Livre	Entre 0,2 – 2,0 mg/L	Portaria 2.914/2011-MS
Turbidez	No máximo 5 UT	Portaria 2.914/2011-MS
Sólidos totais dissolvidos	No máximo 1000 mg/L	Portaria 2.914/2011-MS
Temperatura	-----	-----
pH	Entre 6,0 e 9,5	Portaria 2.914/2011-MS

Fonte: Elaboração Própria com dados da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (2017).

3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com os parâmetros especificados na legislação vigente. Para a água bruta a Resolução CONAMA 357/05 exige a verificação da presença de *Coliformes termotolerantes e Algas*. Para a água tratada a Portaria 2.914/11 exige a Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH) e a verificação da presença de *Coliformes totais e Termotolerantes*.

3.3.1 Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH)

A Contagem de bactérias heterotróficas é uma das análises recomendadas pela Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde, através da qual é possível determinar a quantidade de Unidades Formadoras de Colônias de bactérias heterotróficas. Essa análise foi realizada de acordo com o Procedimento Operacional Padrão do laboratório.

a) Homogeneizaram-se as amostras e retirou-se 10 mL para realizar as diluições 1:10 em frasco contendo 90 mL de água com tampão fosfato. Retirou-se uma alíquota de 10 mL para as diluições 1:100. A partir da diluição 1:100 distribui-se 1mL em cada placa de *Petri*.

b) Adicionou-se Agar caseína previamente resfriada até aproximadamente 45-50°C as três das placas contendo 1 mL da diluição 1:100. Incubaram-se as placas na estufa bacteriológica a $32,5^{\circ}\text{C} \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ por um período de 3 a 5 dias. Decorrido todo o tempo de crescimento em estufa, efetuou-se a contagem do número de unidades formadoras de colônias de bactérias heterotróficas (UFC/mL).

3.3.2 Determinação da Presença de *Coliformes totais* e *Termotolerantes*

A identificação de contaminação por *coliformes totais* foi realizada no meio de cultura Agar *MacConkey* com 0,15% de sais biliares, cristal violeta e NaCl. Esse meio de cultura é seletivo devido a sua concentração de sais biliares que inibem organismos gram-positivos e por isso é recomendado para o cultivo direto de *coliformes* de amostras de água. As bactérias gram-negativas, como a *Escherichia coli*, geralmente, se desenvolvem bem neste meio e se diferenciam pela capacidade de fermentar lactose (HIMEDIA LABORATÓRIO, 2012).

A *Escherichia coli* é uma termotolerante e por esse motivo resolveu-se utilizar nesta determinação o meio de cultura Agar *MacConkey* com 0,15% de sais biliares, cristal violeta e NaCl, recomendado para isolamento seletivo e diferenciação de *coliformes* e outros patógenos entéricos. Sendo assim, se houver qualquer crescimento microbiano em Agar *MacConkey* pode-se afirmar que são bactérias do grupo *coliformes totais*.

Para identificar a presença de *Escherichia coli* neste mesmo meio, deve-se observar a coloração das colônias, pois esta *Termotolerantes* fermenta a lactose e cresce como colônias vermelhas ou rosadas devido à produção de ácido pela degradação da lactose e absorção do vermelho neutro presente no meio, podendo ainda ser circundadas por uma área de precipitação ácida de bile quando o pH do meio cai para 6,8. As linhagens não fermentativas de lactose, como *Shigella* e *Salmonella*, são incolores, transparentes e tipicamente não alteram a aparência do meio (HIMEDIA LABORATÓRIO, 2012). Na realização deste ensaio aplicou-se o seguinte procedimento:

- a) Nas placas de *Petri* adicionou-se 1 mL da diluição 1:100 das amostras e cobriu-se com o Agar *MacConkey*, verteu-se e incubou-se as placas de 35-37°C durante 18-48 horas. O crescimento de qualquer colônia indica um resultado positivo para presença de

coliformes totais. Decorrido o tempo de incubação efetuar a contagem e continuar a análise.

- b) Adicionou-se de 15 a 20 mL do Agar MacConkey com 0,15% de sais biliares, cristal violeta e NaCl às placas de *Petri* e deixou-se solidificar. Efetuou-se o repique das colônias das placas com crescimento de *coliformes totais* fazendo-se estrias na superfície do meio. Incubaram-se as placas repicadas a 35-37°C, durante 18-48 horas. Após o período de incubação observou-se o desenvolvimento de colônias vermelhas ou rosadas com modificação da aparência do meio e fermentação da lactose com precipitação de bile que indica um resultado positivo para a presença de Termotolerantes, nesse caso a *Escherichia coli*.

3.3.3 Verificação da Presença de Algas na Água Bruta

No Açude Epitácio Pessoa foi observado à presença de algas durante a coleta das amostras, que indica uma provável presença de cianobactérias. Levando-se em consideração a complexidade das análises para a determinação das cianotoxinas, este trabalho contemplou apenas os registros fotográficos das algas presentes na água bruta do Açude Epitácio Pessoa, que serve como indicativo presuntivo da presença de cianobactérias. Sendo assim, não foi necessário um procedimento analítico.

3.3.4 Parâmetros Microbiológicos para a Água Bruta e a Água Tratada

A Tabela 5 apresenta todas as análises microbiológicas realizadas neste estudo e suas especificações e referências para a água bruta de acordo com a Resolução CONAMA 357/05.

Tabela 5 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Microbiológicas para Água Bruta.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS PARA ÁGUA BRUTA		
PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES	REFERÊNCIA
Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH)	-----	-----
<i>Coliformes totais</i>	-----	-----
<i>Termotolerantes</i>	≤ 200 UFC/mL	Resolução 357/05

Fonte: Elaboração Própria com A Resolução CONAMA 357/05 (2017).

A Tabela 6 apresenta todas as análises microbiológicas compreendidas neste trabalho com suas especificações e referências para a água tratada de acordo com a Portaria 2.914/11 do Ministério da Saúde.

Tabela 6 - Parâmetros, Especificações e Referências das Análises Microbiológicas para Água Tratada.

PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS PARA ÁGUA TRATADA		
PARÂMETROS	ESPECIFICAÇÕES	REFERÊNCIA
Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH)	≤ 500 UFC/mL	Portaria 2.914/11
<i>Coliformes totais</i>	Ausente	Portaria 2.914/11
<i>Termotolerantes</i>	Ausente	Portaria 2.914/11

Fonte: Elaboração Própria com dados da Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA BRUTA

As determinações físico-químicas foram realizadas de acordo com alguns parâmetros previstos pela Resolução CONAMA 357/05. Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios, pois apenas os resultados para sólidos totais dissolvidos encontram-se fora dos limites estabelecidos pela Resolução. A Tabela 7 apresenta os resultados dos ensaios realizados nas amostras de água bruta coletadas nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.

Tabela 7 - Resultado das Análises Físico-Químicas da Água Bruta Coletada nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.

ÁGUA BRUTA							
PARÂMETRO	AMOSTRAS DE JAN / 2017 V=18.775 milhões de m ³			AMOSTRAS DE FEV / 2017 V=16.336 milhões de m ³			RES. 357/05
	ABJ1	ABJ2	ABJ3	ABF1	ABF2	ABF3	LIMITE
Cor verdadeira	10,0	7,0	7,0	8,0	8,0	6,0	Cor natural
Amônia (NH ₃)	0,56	0,24	0,22	0,25	0,23	0,2	≤ 3,7 mg/L
Amônio (NH ₄ ⁺)	0,53	0,21	0,20	0,22	0,20	0,17	≤ 3,7 mg/L
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,03	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	≤ 1,0 mg/L
Ferro (Fe)	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	≤ 0,3 mg/L
Dureza em íons (Ca ²⁺)	90	100	60	100	100	80	-----
Dureza em íons (Mg ²⁺)	30	35	35	35	35	45	-----
Turbidez	1,09	0,98	0,87	0,94	0,96	0,92	≤ 40UT
Condutividade	1.666	1.651	1.649	1.861	1.844	1.835	-----
Sólidos totais dissolvidos	834,40	845,30	838,10	912,70	928,50	919,10	≤ 500 mg/L
Temperatura na coleta	31,0	31,0	31,0	32,0	32,0	32,0	-----
pH	6,30	6,10	6,30	8,60	8,50	8,60	6,0 – 9,0

Fonte: Própria (2017).

Onde:

ABJ1 - Água Bruta coletada no mês de Janeiro, Amostra 1.

ABJ2 - Água Bruta coletada no mês de Janeiro, Amostra 2.

ABJ3 - Água Bruta coletada no mês de Janeiro, Amostra 3.

ABF1 - Água Bruta coletada no mês de Fevereiro, Amostra 1.

ABF2 - Água Bruta coletada no mês de Fevereiro, Amostra 2.

ABF3 - Água Bruta coletada no mês de Fevereiro, Amostra 3.

Embora, os resultados tenham sido satisfatórios, é possível perceber que os valores obtidos para sólidos totais dissolvidos estão acima do limite máximo de 500 mg/L, conforme a Resolução 357/05. Valores elevados de sólidos dissolvidos indicam alta concentração de sais na água, a qual tende a aumentar conforme o volume do Açude Epitácio Pessoa diminua.

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA TRATADA

As determinações físico-químicas realizadas nas amostras de água tratada do Açude Epitácio Pessoa nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017 apresentaram resultados dentro das especificações estabelecidas pela Portaria 2.914/11 para os parâmetros verificados neste trabalho. A Tabela 8 apresenta os resultados das análises microbiológicas da água tratada.

Tabela 8 - Resultado das Análises Físico-Químicas da Água Tratada Coletadas nas Cidades de Queimadas-PB e Campina Grande-PB nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.

ÁGUA TRATADA							
PARÂMETRO	AMOSTRAS DE JAN / 2017 QUEIMADAS-PB V=18.775 milhões de m ³			AMOSTRAS DE FEV / 2017 CAMPINA GRANDE-PB V=16.336 milhões de m ³			PORT. 2.914/11
	ATJQ1	ATJQ2	ATJQ3	ATFC1	ATFC2	ATFC3	LIMITE
Cor aparente	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	≤15,0 UH
Amônia (NH ₃)	0,27	0,28	0,25	0,37	0,29	0,36	≤1,5 mg/L
Amônio (NH ₄ ⁺)	0,23	0,24	0,22	0,32	0,26	0,32	-----
Nitrito (NO ₂ ⁻)	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	≤1,0 mg/L
Ferro (Fe)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	≤0,3 mg/L
Dureza em íons (Ca ²⁺)	160	150	130	120	110	120	-----
Dureza em íons (Mg ²⁺)	45	35	40	40	40	50	-----
Cloro Livre	0,49	0,48	0,49	0,56	0,56	0,58	0,2-2,0 mg/L
Turbidez	0,15	0,16	0,13	0,12	0,15	0,14	≤5,0 UT
Condutividade	1.655	1.689	1.719	1.865	1.884	1.870	-----
Sólidos totais dissolvidos	837,40	835,40	839,60	890,60	894,80	897,00	≤1000 mg/L
Temperatura	29,0	29,0	29,0	30,0	30,0	30,0	-----
pH	6,90	6,90	6,80	6,80	6,80	6,90	6,0 - 9,5

Fonte: Própria (2017).

Onde:

ATJQ1 - Água Tratada coletada no mês de Janeiro, Amostra Queimadas 1.

ATJQ2 - Água Tratada coletada no mês de Janeiro, Amostra Queimadas 2.

ATJQ3 - Água Tratada coletada no mês de Janeiro, Amostra Queimadas 3.

ATFC1 - Água Tratada coletada no mês de Fevereiro, Amostra Campina 1.

ATFC2 - Água Tratada coletada no mês de Fevereiro, Amostra Campina 2.

ATFC3 - Água Tratada coletada no mês de Fevereiro, Amostra Campina 3.

Os resultados apresentados na Tabela 8 mostraram que todos os parâmetros avaliados estão de acordo com os limites estabelecidos pela Portaria 2.914/11. Contudo, a quantidade de sólidos totais dissolvidos, ainda continua bem elevada se comparado com os resultados obtidos para a água bruta. Embora, este parâmetro esteja abaixo do limite máximo permitido, esse resultado expressa a necessidade de melhorias no processo de tratamento.

4.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA BRUTA

As determinações microbiológicas realizadas na água bruta mostraram preocupante estado de contaminação, pois foi identificada a presença de diferentes microrganismos e algas que comprometem seu uso. Isso exige cuidados, acompanhamento e tratamento bem executado, a fim de estabelecer os parâmetros previstos pela Resolução 357/05. A Tabela 9 apresenta os resultados das análises realizadas nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017, associadas ao volume que o Açude Epitácio Pessoa possuía no momento da coleta, de acordo com os dados da AESA (2017).

Tabela 9 - Resultado das Análises Microbiológicas da Água Bruta.

ÁGUA BRUTA						
PARÂMETRO	AMOSTRAS DE JAN / 2017 V=18.775 milhões de m ³			AMOSTRAS DE FEV / 2017 V=16.336 milhões de m ³		
	ABJ1	ABJ2	ABJ3	ABF1	ABF2	ABF3
CBH	> 500 UFC/mL	> 500 UFC/mL	> 500 UFC/mL	> 500 UFC/mL	> 500 UFC/mL	> 500 UFC/mL
Coliformes totais	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Termotolerantes	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Algas	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente

Fonte: Própria (2017).

Onde:

ABJ1 - Água Bruta coletada no mês de Janeiro, Amostra 1.

ABJ2 - Água Bruta coletada no mês de Janeiro, Amostra 2.

ABJ3 - Água Bruta coletada no mês de Janeiro, Amostra 3.

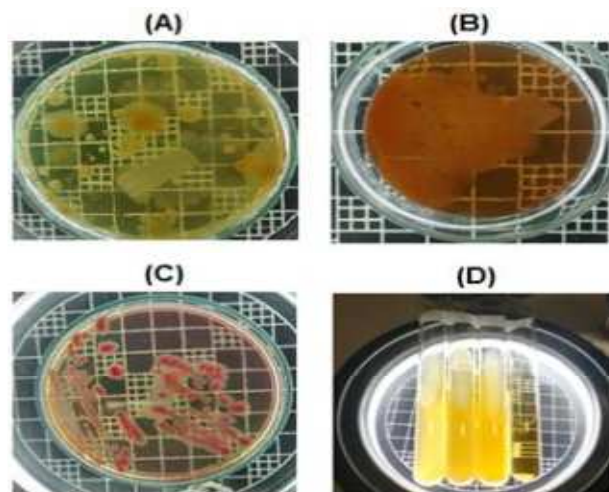
ABF1 - Água Bruta coletada no mês de Fevereiro, Amostra 1.

ABF2 - Água Bruta coletada no mês de Fevereiro, Amostra 2.

ABF3 - Água Bruta coletada no mês de Fevereiro, Amostra 3.

De acordo com os resultados da Tabela 9 todas as amostras de água bruta apresentaram desenvolvimento microbiano para todos os microrganismos pesquisados. Esse resultado não indica, diretamente, que a água do Açude Epitácio Pessoa não possa ser utilizada, pois é necessário apresentar os resultados das análises da água após aplicação do tratamento para garantir que nenhum desses microrganismos esteja presente na água potável (pós-tratamento). A Figura 17 apresenta algumas das placas inoculadas com as amostras da água bruta, onde é possível observar o crescimento dos microrganismos utilizados como indicadores de contaminação neste trabalho.

Figura 17 - Placas e Tubos Inoculados com Amostras de Água Bruta do Açude Epitácio Pessoa coletadas nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.



Fonte: Própria (2017).

Onde:

A - Placa de Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH).

B - Placa com crescimento de *Coliformes Totais*.

C - Placa com crescimento de Termotolerantes (*Escherichia coli*).

D - Tubos com meio de enriquecimento.

A imagem **(D)** apresenta quatro tubos, onde os três primeiros tubos contêm o meio nutritivo com a amostra e o quarto tubo apenas o meio, que por esse motivo é chamado de controle negativo, usado para garantir que a contaminação é oriunda da amostra e não do meio. A turvação dos tubos que receberam a amostra é um resultado positivo de contaminação microbiana, que foi identificada e isolada nas placas contendo os meios específicos para cada tipo de microrganismo.

A visualização das algas foi realizada diretamente no Açude Epitácio Pessoa através de registro fotográfico. Observou-se que grande parte delas estava localizada nas áreas mais externas do manancial e conforme o nível da água baixava, ocorria à deposição e morte das algas nas margens do açude. A Figura 18 apresenta a visualização fotográfica das algas.

Figura 18 - Visualização Fotográfica de Algas Presentes no Açude Epitácio Pessoa nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.



Fotos: Própria (2017).

4.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DA ÁGUA TRATADA

As análises microbiológicas realizadas na água tratada mostraram um satisfatório resultado, pois em nenhuma das determinações houve desenvolvimento microbiano, o que sugere que o tratamento empregado na água bruta do Açude Epitácio Pessoa foi bem realizado. A Tabela 10 apresenta os resultados das determinações microbiológicas aplicadas na água tratada coletada no mês de Janeiro na cidade de Queimadas – PB e em Fevereiro no município de Campina Grande – PB.

Tabela 10 - Resultado das Análises Microbiológicas da Água Tratada Coletadas nas Cidades de Queimadas-PB e Campina Grande-PB nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.

ÁGUA TRATADA						
PARÂMETRO	AMOSTRAS DE JAN / 2017 QUEIMADAS-PB V=18.775 milhões de m ³			AMOSTRAS DE FEV / 2017 CAMPINA GRANDE-PB V=16.336 milhões de m ³		
	ATJQ1	ATJQ2	ATJQ3	ATFC1	ATFC2	ATFC3
CBH	< 500 UFC/mL	< 500 UFC/mL	< 500 UFC/mL	< 500 UFC/mL	< 500 UFC/mL	< 500 UFC/mL
Coliformes totais	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Termotolerantes	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Algas	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Fonte: Própria (2017).

Onde:

ATJQ1 - Água Tratada coletada no mês de Janeiro, Amostra Queimadas 1.

ATJQ2 - Água Tratada coletada no mês de Janeiro, Amostra Queimadas 2.

ATJQ3 - Água Tratada coletada no mês de Janeiro, Amostra Queimadas 3.

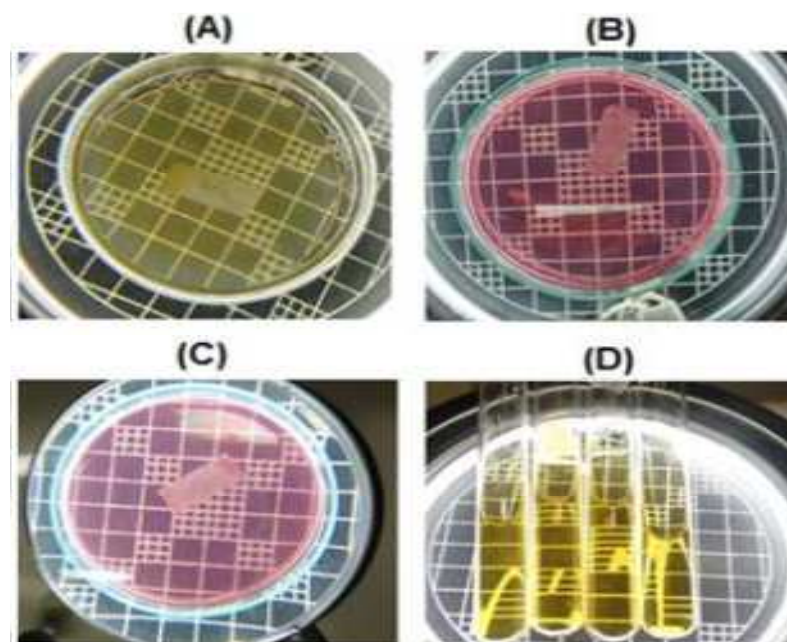
ATFC1 - Água Tratada coletada no mês de Fevereiro, Amostra Campina 1.

ATFC2 - Água Tratada coletada no mês de Fevereiro, Amostra Campina 2.

ATFC3 - Água Tratada coletada no mês de Fevereiro, Amostra Campina 3.

Esse resultado indica que em termos relativos aos padrões microbiológicos de acordo com a Portaria 2.914/11, a água do volume morto do Açude Epitácio Pessoa pode ser utilizada como fonte de abastecimento, desde que seja garantida a eficácia do tratamento da água bruta. No entanto, é válido ressaltar que na data da coleta das últimas amostras para a realização deste estudo, o Açude Epitácio Pessoa registrava um volume de 16.336 milhões de m³ cerca de 4% do seu volume total e para fazer o uso da água do manancial quando ele atingir valores abaixo desse percentual deve-se realizar novos estudos e um efetivo acompanhamento de todos os parâmetros microbiológicos para garantir a sua potabilidade. A Figura 19 apresenta as placas inoculadas com algumas das amostras de água tratada, onde é possível observar que não houve nenhum tipo de crescimento microbiano.

Figura 19 - Placas e Tubos Inoculados com Amostras de Água Tratada do Açude Epitácio Pessoa Coletadas nas Cidades de Queimadas-PB e Campina Grande-PB nos Meses de Janeiro e Fevereiro de 2017.



Fonte: Própria (2017).

Onde:

A - Placa de Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH).

B - Placa sem crescimento de *Coliformes Totais*.

C - Placa sem crescimento de Termotolerantes.

D - Tubos com meio de enriquecimento, sem desenvolvimento, evidenciado pela não turvação do meio.

A imagem **(D)** apresenta quatro tubos, onde os três primeiros contêm o meio nutritivo com a amostra e o quarto tubo apenas o meio, usado para garantir que a contaminação caso exista, é oriunda da amostra e não do meio. A não turvação dos tubos que receberam a amostra é um resultado negativo para contaminação microbiana, confirmado pelo não desenvolvimento microbiano nas placas contendo os meios específicos para cada tipo de microrganismo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas da água do volume morto do Açude Epitácio Pessoa nas fases bruta e tratada, entende-se que a água do açude pode ser utilizada, levando-se em consideração os ensaios realizados neste estudo nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017. O uso da água do manancial em níveis muito baixo pode não ser seguro e caso isso venha a ser feito, recomenda-se a realização de estudos mais aprofundados que garantam a qualidade da água e a segurança de seus usuários.

De acordo com a Resolução 357/05 CONAMA, a água do Açude Epitácio Pessoa na fase bruta apresentou-se acima do valor máximo permitido para o parâmetro sólidos dissolvidos totais, que deve ser menor que 500 mg/L para água doce. Conforme a Portaria MS n.º 2.914/11, os valores obtidos nas análises físico-químicas realizadas na água na fase tratada estão em concordância com os parâmetros de potabilidade estabelecidos.

Embora tenha ficado evidente a contaminação da água na fase bruta através da identificação de todos os microrganismos pesquisados e na verificação da presença de algas no açude através de registro fotográfico, a água tratada não apresentou nenhum tipo de contaminação microbiana. Isto indica um efetivo e satisfatório desempenho no processo de tratamento, com isso esperava-se encontrar maiores valores para o teor de cloro residual livre, partindo do pressuposto que este é o principal agente sanitizante utilizado no tratamento de água para consumo humano, no entanto valores mais altos desse parâmetro não foram registrados.

De forma geral, a associação dos resultados das análises com os níveis de água do Açude Epitácio Pessoa acompanhado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, em seu parâmetro microbiológico, mostrou que para os volumes de operação nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2017, a água do manancial apresentou contaminação microbiana semelhante. Em contrapartida, algumas características físico-químicas como a presença de sólidos dissolvidos aumentaram com a diminuição do volume do Açude.

Por fim, é importante ressaltar que este trabalho não contempla dois parâmetros de grande relevância para a potabilidade da água, a determinação de metais pesados e das cianotoxinas, necessários para garantir que está sendo distribuída água não prejudicial à população. É importante relatar, que todos os resultados apresentados neste trabalho estão associados aos volumes do Açude Epitácio Pessoa nas datas das coletas das amostras.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA, 2017. Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/>. Acesso em: 01/02/2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6023:2002:

_____. NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ATLAS BRASILEIRO DE DESASTRES NATURAIS 1991 A 2010: volume Paraíba / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED UFSC, 2011.

BANDEIRA, Wênia e Martins 2016. Açude de Boqueirão entra no Volume Morto e Agrava Situação do Abastecimento de Água. Disponível em: <http://correiodaparaiba.com.br/cidades/campina-grande/acude-de-boqueirao-entra-no-volume-morto/>. Acesso em: 01/02/2017.

BARRELLA, W. PETRERE JR., M; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F. de A. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). RESOLUÇÃO N° 357, de 17 de Março de 2005. Diário Oficial da União n° 053, de 18 de Março de 2005, seção I.

BRASIL. Ministério da Saúde. PORTARIA N°- 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Diário Oficial da União n° 239, de 14 de dezembro de 2011, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde - Brasília: FUNASA, 2014. 112p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. Cianobactérias/cianotoxinas: Procedimentos de Coleta, Preservação e Análise / Ministério da Saúde, Secretaria de

Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015. 106 p.: il.

BRITO, F. B.; VIANNA, P. C. G. Açude de Boqueirão, Dez Anos de Desacertos (1998-2008): da Crise de Abastecimento ao Afogamento do Conflito. In: SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO, 2. João Pessoa. Anais. João Pessoa: UFPB, 2008.

CARVALHO, Irineide Teixeira de. Microbiologia básica / Irineide Teixeira de Carvalho. – Recife: EDUFRPE, 2010.

CASTRO, de Coimbra Luiz Antônio. Manual de Desastres. Desastres Naturais, vol. I, Brasília. 2003.

CIANOBACTÉRIAS/CIANOTOXINAS: PROCEDIMENTOS DE COLETA, PRESERVAÇÃO E ANÁLISE / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília: Ministério da Saúde, 2015.

DUARTE, Neide. REVISTA GLOBO RURAL, 2017. Falta água para a lavoura, os animais e até para as pessoas na Paraíba. Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Videos/noticia/2016/12/falta-agua-para-lavoura-os-animais-e-ate-para-pessoas-na-paraiba.html>. Acesso em: 31/01/2017.

HANNA INSTRUMENTS. Instruction Manual Multiparameter Bench Photometer for Laboratories, 2009.

HIMEDIA LABORATÓRIO. INSTRUÇÕES DE USO, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE SENSO 2010 – Cidades – Paraíba – Campina grande. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=250400&search=paraiba|campina-grande|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em: 26/01/2017.

MARANHÃO, Fabiana e Wellington 2014. TRATAMENTO INADEQUADO DO VOLUME MORTO TRAZ RISCOS. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2014/04/25/tratamento-inadequado-do-volume-morto-traz-riscos-entenda.htm>. Acesso em 29/01/2017.

PIMENTEL, Marco 2013. Disponível em: https://www.flickr.com/photos/marco_pimentel/albums/7215763541008351. Acesso em: 26/01/2017.

PORTO DE CABEDELLO. Companhia Docas da Paraíba, 2017. Disponível em: <http://portodecabedelo.com.br>. Acesso em: 26/01/2017.

RATTI Bianca Altrão; BRUSTOLIN Camila Fernanda; SIQUEIRA Thiago André, TORQUATO Alex Sanches. Pesquisa de Coliformes Totais e Fecais em Amostras de Água Coletadas no Bairro Zona Sete, na Cidade de Maringá-PR. VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar - CESUMAR – Centro Universitário de Maringá Editora CESUMAR Maringá – Paraná – Brasil, 2011.

RÊGO Janiro Costa; GALVÃO Carlos de Oliveira; RIBEIRO Márcia Maria Rios; ALBUQUERQUE José do Patrocínio Tomaz; NUNES, Tereza Helena Costa. A Crise do Abastecimento de Campina Grande: Atuações dos Gestores, Usuários, Poder Público, Imprensa e População. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, 2015.

RESUMO EXECUTIVO: PLANO TERRITORIAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL – PTDRS TERRITÓRIO DO CARIRI ORIENTAL - PB 2010.

TECNAL EQUIPAMENTOS CIENTÍFICOS, 2017. Disponível em: <http://tecnal.com.br/pt/>. Acesso em: 09/02/2017.