



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I – CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**

ISABELLA VIEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA EM
RELAÇÃO AO NÍVEL DE AGUA ACUMULADO NO PERÍODO DE 2015 E 2016**

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

ISABELLA VIEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA EM
RELAÇÃO AO NÍVEL DE AGUA ACUMULADO NO PERIODO DE 2015 E 2016**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), a Coordenação de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Orientadora: Prof. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira.

**CAMPINA GRANDE - PB
2017**

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.

S237a Santos, Isabella Vieira.

Avaliação da qualidade da água do Açude Epitácio Pessoa em relação ao nível de água acumulado no período de 2015 e 2016 [manuscrito] / Isabella Vieira Santos . - 2017.

73 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação: Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira., Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Manancial Epitácio Pessoa. 2. Qualidade da água. 3. Água de abastecimento. 4. Índice de Qualidade da água. I.

Título.

21. ed. CDD 628.1

ISABELLA VIEIRA SANTOS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO AÇUDE EPITÁCIO PESSOA EM
RELAÇÃO AO NÍVEL DE AGUA ACUMULADO NO PERIODO DE 2015 E 2016**

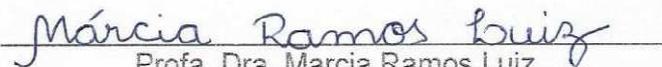
Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), Coordenação de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência para obtenção do título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental.

Aprovada em: 27/07/2017.

BANCA EXAMINADORA


Profa. Dra. Weruska Brasileiro Ferreira (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Profa. Dra. Marcia Ramos Luiz
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

A meus pais Pedro e Maria José e ao meu irmão Emerson por todo apoio, pelas palavras de carinho e confiança depositada em mim. A eles declaro meu amor eterno.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, o centro e o fundamento de tudo em minha vida, por renovar a cada momento a minha força e disposição e pelos discernimentos concedido ao longo dessa jornada. Serei eternamente grata por ter o privilégio de experimentar e compartilhar da tua soberania. Mesmo eu sendo fraca, o Senhor me fez forte.

À meus pais Pedro Barros e Maria José e ao meu irmão Emerson Diego pelo amor, carinho, força e apoio incondicional em todos os momentos. Obrigada pelos sacrifícios que fizeram para que eu chegasse até aqui. A vocês não tenho e nunca terei palavras suficientes para agradecer tudo que fazem por mim. Sem vocês, nada disso seria possível.

À todos familiares que tanto torceram para que esse dia chegasse. Agradeço em especial a minha avó Marinete por todo incentivo e orações ao meu favor. Eis a melhor do mundo vovó.

À minha orientadora Profa. Dra. Weruska Brasileiro pelos ensinamentos, paciência e atenção, por se dispor a me conduzir neste trabalho. E as professoras participantes da banca examinadora que dividiram comigo este momento tão importante e esperado: Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima e Prof Dra Marcia Ramos.

Aos meus amigos de curso, em especial a Thiago Santos, Wesla Cantalice, Adriano Oliveira e Camila Miranda, obrigada por todo carinho, paciência e pelos momentos em que aprendemos juntos. Vocês são presentes de Deus na minha vida.

Ao meu amigo Jailton Figueiredo (*in memoriam*) que nos deixou tão precocemente, mas que segue aqui, dentro de cada um de nós que tivemos a felicidade de partilhar um pouco da sua vida e da sua amizade.

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), em especial ao Sr. Ronaldo Amâncio e ao Laboratório de Ecologia Aquática, em especial a professora Janiele por disponibilizarem gentilmente os dados para realização deste trabalho

À todos aqui citados e aqueles aos quais os nomes não aparecem, mas que sabem que fizeram parte desse processo e que muito me ajudaram nessa caminhada o meu muito obrigada.

RESUMO

O constante monitoramento da qualidade das águas superficiais utilizadas para abastecimento é fundamental para prevenção de doenças de veiculação hídrica. O presente estudo utilizou o índice de qualidade da água (IQA) para avaliar a qualidade da água do manancial Epitácio Pessoa situado no município de Boqueirão-PB em função do nível de água acumulado durante os anos de 2015 e 2016, período em que o manancial apresentou níveis de volumes baixos. Além disso, os parâmetros utilizados para o cálculo do IQA foram discutidos individualmente e comparados com os limites estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A metodologia do trabalho consistiu em obter os dados dos parâmetros através do banco de dados da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA e do laboratório de ecologia aquática da UEPB, e para acompanhar o decaimento do nível de água no reservatório, foram obtidos os dados de volume do período de 2014 a 2016 através da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba – AESA. O cálculo do Índice de Qualidade da Água foi realizado através do *software* IQAData e levou em consideração o IQA elaborado pela *National Sanitation Foundation* (NSF) e adaptado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB). Os valores anuais do índice de qualidade das águas (IQA_{CETESB}) foram de 44,74 em 2015 e 44,99 em 2016 enquadrando a qualidade da água do manancial no intervalo de classificação regular, enquanto que através do (IQA_{NSF}) os valores foram de 31,03 em 2015 e 30,60 em 2016, classificando o manancial como qualidade ruim. Os parâmetros que causaram maiores impactos em ambos os anos na redução da qualidade da água do manancial Epitácio Pessoa foram os Coliformes termotolerantes e o pH, os parâmetros apresentaram valores em desacordo com o valor máximo para classe 2 de água doce regulamentados pela Resolução do CONAMA nº 357/05. Constatou-se que o IQA é um importante instrumento de informações ao público, capaz de funcionar como alerta para uma melhor investigação do estado real da qualidade do manancial, porém nele apresenta algumas limitações tendo em vista que este índice não considera parâmetros que são importantes para o abastecimento público. Medidas mitigadoras devem ser aplicadas em mananciais superficiais utilizados para abastecimento, a educação ambiental pode estimular mudança de hábitos e comportamentos para redução de impactos negativos na qualidade e quantidade dos corpos d'águas.

Palavras-Chave: Manancial Epitácio Pessoa, qualidade da água, Índice de Qualidade das Águas.

ABSTRACT

The constant monitoring of the quality of surface waters used for supply is crucial for prevention of diseases waterborne. The present study used the water quality index (IQA) to assess the quality of the water of the fountain Epitácio Pessoa situated in the municipality of Boqueirão-PB as a function of energy accumulated during the years of 2015 and 2016, during which time the financier presented the lowest volumes of water from his foundation. In addition, the parameters used to calculate the IQA were individually discussed and compared with the limits established by Resolution no. 357/2005 of the National Environmental Council (CONAMA). A work methodology consisted in obtaining the data of the parameters through the database of the Water and Sewage Company of Paraíba - CAGEPA and the laboratory of aquatic ecology of the UEPB, and to follow the decay of the volume of water without reservoir, the Data Of the volume of the period from 2014 to 2016 through the Executive Agency for Water Management of the State of Paraíba - AESA. The calculation of the Water Quality Index was carried out using the IQAData software and taken into account the IQA prepared by the National Sanitation Foundation (NSF) and adapted by the Environmental Sanitation Technology Company of São Paulo (CETESB). The annual values of the water quality index (IQACETESB) were 44.74 in 2015 and 44.99 in 2016, setting a water quality of the source without a regular classification interval, whereas the IQANSF (Water Quality Index) values were 31.03 in 2015 and 30.60 in 2016, classifying the stock as poor quality. The parameters that caused the greatest impact in both years in reducing the quality of the Epitacio Pessoa well being water were the thermotolerant Coliform and pH, the parameters presented values in disagreement with the maximum value for class 2 of fresh water regulated by Resolution CONAMA No. 357/05. The IQA has been found to be an important information tool for the public, capable of acting as an alert for a better investigation of the actual state of the quality of the stock, however it presents limitations in view that this index does not consider what is that they are important for public procurement. Mitigating measures should be applied to surface water sources used for water supply, environmental change of mental changes and behavior to reduce negative impacts on the quality and quantity of water bodies.

Keywords: Fountain Epitácio Pessoa, water quality, Index water quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	17
Figura 1: Classes de qualidade da água e relação com os usos.....	21
Figura 3: Bacias que possuem os corpos d'água estaduais enquadrados e a legislação utilizada.....	22
Figura 4: Manancial Epitácio Pessoa durante período de volume morto.....	37
Figura 5: Captação Flutuante no manancial Epitácio Pessoa.....	38
Figura 6: Estação de Tratamento de Água (ETA) de Gravatá.....	39
Figura 7: Localização Município Boqueirão e do Manancial Epitácio Pessoa na Paraíba	40
Figura 8: Interface do software IQADData.....	41
Figura 9: Base de dados da curva ABC.....	42
Figura 10: Evolução mensal do volume de água armazenado nos anos de 2014, 2015 e 2016.....	43
Figura 11: Variação média do Potencial Hidrogeniônico (pH).....	46
Figura 12: Variação média da Temperatura.....	47
Figura 13: Variação média dos sólidos totais.....	48
Figura 14: Variação média do Fósforo Total.....	49
Figura 15: Variação média do Nitrogênio Total.....	50
Figura 16: Variação média do Oxigênio Dissolvido.....	51
Figura 17: Variação média dos Coliformes Termotolerantes.....	52
Figura 18: Variação média da Turbidez.....	53
Figura 19: Concentração média mensal de cianotoxinas no manancial Epitácio Pessoa-PB durante o ano de 2016.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Padrões organolépticos e microbiológicos da água bruta para consumo humano.....	27
Quadro 2: Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.....	28
Quadro 3: Intervalos de IQA utilizados nos seguintes estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP.....	29
Quadro 4: Quantidade volumétrica temporal do açude Epitácio Pessoa, Boqueirão-PB.....	43
Quadro 5: Valores médios anuais dos parâmetros que compõem o IQA.....	45
Quadro 6: Índice da Qualidade da Água (IQA).....	55
Quadro 7: Classificação da qualidade de água segundo a National Sanitation Foundation.....	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CETESB	Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	Demanda biológica de oxigênio
DNOCS	Departamento Nacional de Obras Contra Secas
ETA	Estação de Tratamento de Água
IQA	Índice de Qualidade das Águas
MMA	Ministério do meio ambiente
MS	Ministério da Saúde
NSF	<i>National Sanitation Foundation</i>
OD	Oxigênio dissolvido
PRH	Plano de Recurso Hídrico
SELAP	Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SUDEMA	Superintendência de Administração do Meio Ambiente
VPM	Valor máximo permitido
Wi	Peso relativo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVOS	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 LEI DAS ÁGUAS	14
2.2 RESOLUÇÃO CONAMA N° 357	20
2.2.1 Enquadramento de Corpos de Água na Paraíba	23
2.3 GESTÃO HÍDRICA NO NORDESTE	23
2.4 ÁGUA DE ABASTECIMENTO.....	24
2.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	26
2.6 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA.....	26
2.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA.....	27
2.7.1 Parâmetros que Compõem o IQA	30
2.7.1.1 <i>Potencial Hidrogeniônico – pH</i>	30
2.7.1.2 <i>Temperatura da Água</i>	31
2.7.1.3 <i>Sólidos Totais</i>	31
2.7.1.4 <i>Fósforo Total</i>	31
2.7.1.5 <i>Nitrogênio Total</i>	32
2.7.1.6 <i>Oxigênio Dissolvido – OD</i>	33
2.7.1.7 <i>Coliformes Termotolerantes</i>	34
2.7.1.8 <i>Turbidez</i>	34
2.7.1.9 <i>Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO</i>	35
2.8 MANANCIAL EPITÁCIO PESSOA.....	35
2.8.1 Tratamento	38
3 METODOLOGIA	40
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	40
3.2 COLETA DE DADOS	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUE COMPÕE O IQA.....	45
4.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)	46

4.1.2 Temperatura.....	47
4.1.3 Sólidos Totais.....	48
4.1.4 Fósforo Total (PT).....	49
4.1.5 Nitrogênio Total.....	50
4.1.6 Oxigênio Dissolvido (OD).....	51
4.1.7 Coliformes termotolerantes.....	52
4.1.8 Turbidez.....	53
4.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio.....	54
4.2 RESULTADO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	55
5 CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A água é um insumo de extrema importância, visto que é essencial não só para vida na terra, mas também é um recurso indispensável para o desenvolvimento de diversas atividades industriais e econômicas. Apesar de ser a substância mais abundante na superfície terrestre, apenas 2,5 % do total é de água doce, o restante é água salgada. E dessa pequena porcentagem de água doce, dois terços se encontram na forma de geleiras.

Devido ao crescimento populacional acelerado, geração de energia elétrica, pecuária intensiva e usos na agricultura, maiores quantidades de água passaram a ser exigidas. A UNESCO (2015) divulgou através de um relatório, que o consumo de água aumentou duas vezes mais do que a população nas últimas décadas e estima-se que o consumo cresça cerca de 55% até 2050. Mantendo as práticas de consumo atuais, no ano de 2030 o mundo vai enfrentar uma carência de 40% no abastecimento de água.

Além da problemática relacionada a maiores consumos de água, o crescimento populacional desordenado também gera impactos sobre o meio ambiente como por exemplo: Poluição do solo; poluição do ar; desmatamento; lançamento de efluentes domésticos e industriais. Estes impactos trazem como consequência a contaminação do recurso hídrico, interferindo assim na sua qualidade, exigindo então maiores investimentos nas estações de tratamento água devido a necessidade de fazer alterações na dosagem de produtos para garantir a qualidade da água na saída das estações.

Dentre as inúmeras funções que a água doce desempenha, a principal é o abastecimento humano, inclusive a política nacional dos recursos hídricos estabelece como uso prioritário. É necessário que a água destinada ao consumo humano atenda a um padrão de qualidade composta por parâmetros, que são determinantes para definir a qualidade da água que será consumida pela população depois de ter passado por um tratamento. Esses parâmetros são encontrados na Resolução CONAMA nº 357 DE 17 De Março de 2005, onde os valores máximos dos parâmetros são definidos, com intuito de não comprometer a qualidade da água que será tratada e posteriormente destinada ao abastecimento humano (MOURA, 2014).

É importante ressaltar que a água pode veicular um elevado número de enfermidades e essa transmissão pode se dar por diferentes meios. O meio de

transmissão de doenças mais frequentemente lembrado e diretamente relacionado à qualidade da água é o da ingestão, por meio do qual um indivíduo sadio ingere água que contenha componente nocivo à saúde e a presença desse componente no organismo humano provoca o aparecimento de doenças. Um segundo meio se refere à quantidade insuficiente de água, provocando hábitos higiênicos precários e daí doenças relacionadas à inadequada higiene do corpo, utensílios de cozinha, do ambiente domiciliar. Logo, pode-se perceber que a qualidade da água quanto a sua quantidade são fatores determinantes para o aparecimento de doenças no homem.

Devido a problemática relacionada a escassez dos recursos hídricos, uma das formas para evitar o colapso da falta de água, é utilizar a água do volume morto. A expressão “volume morto” significa em termos amplos, a água de um volume que não é utilizado para finalidade normais em reservatórios, o volume morto na maioria das vezes encontra-se em profundidade elevada, trata-se de um volume que fica abaixo da captação.

Alguns estudos mostram que quanto mais baixo o nível de água, maior será a concentração de poluentes, já que estes sedimentaram para o fundo do manancial, logo é necessário ter maiores cuidados com seus usos. Além do mais, o tratamento da água do volume morto terá que ser adequado, muito mais eficaz para garantir a qualidade da água.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho é apresentar uma avaliação da qualidade da água do Manancial Epitácio Pessoa que abastece Campina Grande e mais 18 cidades do Agreste paraibano, por se tratar de um caso típico de uma bacia que vem sofrendo com a seca, e se encontra atualmente no seu volume morto, passando pela pior situação da sua história.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a qualidade da água do manancial Epitácio Pessoa situado no município de Boqueirão/PB, em função do nível de água durante o período de 2015 a 2016.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Acompanhar o decaimento do volume presente no reservatório.
- Analisar os parâmetros que compõem o Índice de Qualidade da Água.
- Determinar o Índice de Qualidade da Água.
- Avaliar o comprometimento da qualidade da água do manancial Epitácio Pessoa em função do Índice de Qualidade da Água.
- Verificar se o Índice de Qualidade da Água é preciso para avaliação dos reservatórios utilizados para abastecimento humano.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 LEI DAS ÁGUAS

A Lei de número 9.433 de 8 de janeiro de 1997, denominada como Lei das Águas ou Lei de Recursos Hídricos, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, criando o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Política Nacional de Recursos Hídricos definiu, de acordo com o seu art. 1º, os seguintes fundamentos:

- **A Água é um Bem de Domínio Público**

Segundo Borba e Bayer (2015) a água é determinada como bem de domínio público, sendo anulada a ideia de águas particulares no Brasil. Águas situadas em propriedades particulares devem seguir seu leito, não podendo sofrer interferências pelo particular da localidade.

Santilli (2001) ressaltou que “bem de domínio público” não é o fato desta água pertencer aos Estados ou União. Para ela, a dimensão de poder público não deve dá ao poder público administrar como proprietário do bem, mas como gestor que acompanha os usos da água, e que deve prestar contas de forma transparente e contínua. Se refere à obrigação de informar à população, que a Lei de N° 9.433/97 tem como objetivo proporcionar através dos sistemas de informações sobre Recursos Hídricos, a coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão discutidos no art. 25.

Machado (2002) afirma que:

“O poder Público não pode agir como um “testa-de-ferro” de interesses de grupos para excluir a maioria dos usuários do acesso qualitativo e quantitativo às águas. Seria um aberrante contrassenso o domínio público “aparente” das águas, para privatizá-la, através de concessões e autorizações injustificadas do Governo Federal e dos Governos Estaduais servindo ao lucro de minorias. A água é um direito humano, não um produto a ser comercializado” (MACHADO, 2002, p.26).

Portanto, fica evidente que, embora a água seja considerada um bem público de uso comum do povo, sua utilização deve ser justa, fazendo com que todos tenham acesso ao bem, sem que haja desperdícios, pois atualmente reconhece-se que ela é um bem limitado, isto devido as grandes perdas e aumento da poluição.

- **A Água é um Recurso Natural Limitado Dotado de Valor Econômico**

Durante muito tempo a água foi considerada infinita, e não era valorizada devido a sua notável abundância, no entanto esta visão foi sendo modificada quando a mesma começou a ficar escassa, o aumento da demanda devido ao crescimento populacional, à expansão industrial e da agricultura, tornou um grande problema quando aliado à degradação da qualidade dos mananciais devido as alterações no ciclo hidrológico por causa das ações antrópicas como desmatamento e urbanização.

Outro problema se refere a perda de água devido vazamentos, segundo o último dado do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2014), do Ministério das Cidades, o Brasil perde 37% da água tratada. As perdas antes que a água chegue ao consumidor final incluem casos como vazamentos e ligações clandestinas.

Segundo Lanna (2008), a escassez faz da água um dos interesses da economia e, em razão disso, é atribuído a ela valor econômico. O valor econômico resulta de que todo recurso quando escasso acaba afetando as relações econômicas, e dessas pode-se estimar seu valor econômico.

A própria Lei 9.433/97, em seu art.19, afirma que a cobrança pelo uso de recursos hídricos objetiva: - reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; - incentivar a racionalização do uso da água; - obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos.

- **A Gestão dos Recursos Hídricos Deve Sempre Proporcionar o Uso Múltiplo das Águas. Em Situações de Escassez, o Uso Prioritário dos Recursos Hídricos é o Consumo Humano e a Dessedentação de Animais**

Estes dois fundamentos estão diretamente conectados um ao outro, e se referem à busca da proporcionalidade entre os diversos usos da água, ajustando as prioridades de acordo com as necessidades sociais atuais.

A gestão dos recursos hídricos deve sempre garantir o uso múltiplo das águas, de acordo com o que foi estabelecido na Lei nº 9.433/97, portanto todos os usuários

da água devem ter igualdade de acesso aos recursos hídricos. Porém à uma exceção para essa regra, em situações de escassez, os usos das águas que devem ser prioritários são para o consumo humano e a dessedentação de animais.

O princípio geral é o de que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas” (art.1º, IV, da Lei 9.433/1997), mas, em “situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação dos animais” (art.1º, III, da lei mencionada) (MACHADO Apud MELO, 2013, p. 10).

Portanto, como pode-se observar é necessário privilegiar os múltiplos usos dos recursos hídricos com o intuito de satisfazer ao máximo número de usuários e de utilidades, e a partir das outorgas, que são instrumentos pelo qual o poder público concede a empresa ou pessoa física a autorização para o uso das águas, favorecer o máximo de pessoas possíveis. Sendo que em situação de escassez devem ser priorizados e privilegiados os usos e outorgas destinadas ao abastecimento humano e dessedentação de animais.

- **A Bacia Hidrográfica e a Unidade Territorial para Implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e Atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**

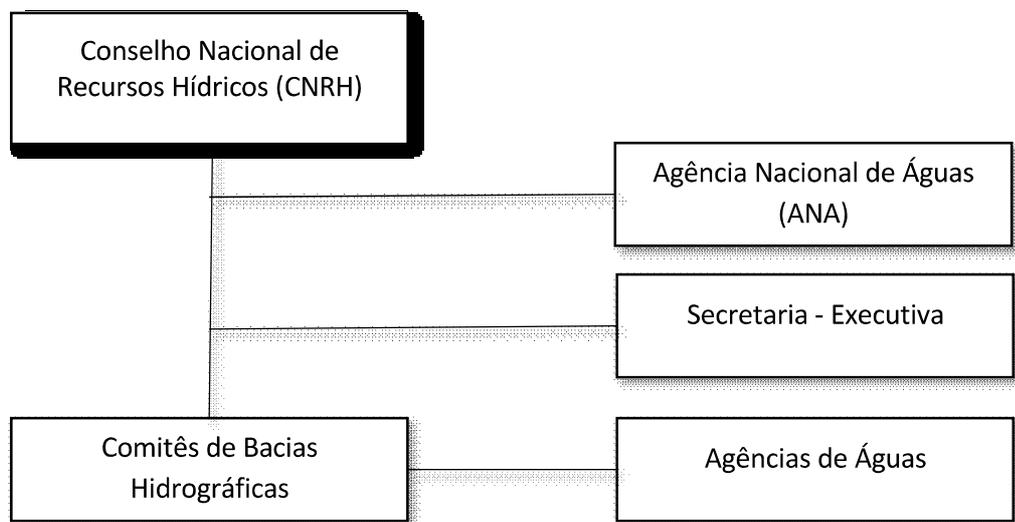
Refere-se na utilização do princípio de que a Bacia Hidrográfica é a unidade físico-geográfica mais conveniente para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, por ser constituído de um sistema aberto de fluxo hídrico. A maneira com que a Bacia Hidrológica se comporta pode ser qualificado por meio dos atributos físico-geográficos próprio à sua área e ajustado através dos registros fluviométricos. Apesar da Lei nº 9.433/97 não definir um conceito de Bacia Hidrográfica, é bastante adotada sua definição como área da superfície terrestre separadas topograficamente, que alimenta uma determinada rede hidrográfica.

Rocha e Viana (2008) destacam que as Bacias Hidrográficas podem ser analisadas de acordo com as funções de usos pela sociedade, e que ao ter uma visão conjunta das fases de precipitação, escoamento e infiltração da água interligada a ocupação do território e os inúmeros tipos de usos pela sociedade, fornece um conjunto de condições que podem conscientizar para o uso racional da água em cada bacia hidrográfica. Existem alguns itens que podem ser destacados para analisar

como prioridade para a gestão da água, entre elas: abastecimento humano e saneamento básico, drenagem da bacia, geração de energia, produção de alimentos.

Segundo Gomes e Barbieri (2004), para colocar em prática a Política Nacional de Recursos Hídricos e coordenar a gestão integrada desses recursos foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, cujos componentes são apresentados na Figura 1.

Figura 2 - Componentes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos



Fonte: Gomes; Barbieri (2004).

Por fazer parte da estrutura do Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) tem a autoridade de tomar decisões mais elevadas relacionadas aos recursos hídricos. A presidência é composta pelo ministro do Meio Ambiente e secretária executiva dos recursos hídricos. As principais atribuições do CNRH são: coordenar e fazer planejamentos referentes ao uso dos recursos hídricos considerando os planos atuais; tomar decisões sobre projetos que cause impacto em mais de um estado; autorizar a implantação de comitês de bacias em regiões de domínio federal; determinar conjunto de normas e critérios para outorga e cobrança de recursos hídricos.

A Agência Nacional de Águas (ANA), foi estabelecida pela Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, sendo uma autarquia federal sob regime especial vinculada ao MMA e componente do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Dentre várias atribuições definidas no art. 4º da referida lei, cabe a ANA:

- Supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal pertinente aos recursos hídricos.
- Disciplinar, em caráter normativo, a implementação, a operacionalização, o controle e a avaliação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos.
- Outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União.
- Fiscalizar os usos de recursos hídricos nos corpos de água de domínio da União.
- Elaborar estudos técnicos para subsidiar a definição, pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União, com base nos mecanismos e quantitativos sugeridos pelos Comitês de Bacia Hidrográfica.
- Estimular e apoiar as iniciativas voltadas para a criação de Comitês de Bacia Hidrográfica.
- Implementar, em articulação com os Comitês de Bacia Hidrográfica, a cobrança pelo uso de recursos hídricos de domínio da União.
- Prestar apoio aos Estados na criação de órgãos gestores de recursos hídricos.

A Secretaria Executiva do Conselho Nacional de Recursos Hídricos é praticada pela Secretaria de Recursos Hídricos e Ambientes Urbanos do Ministério do Meio Ambiente, cuja função é propiciar apoio financeiro, administrativo e técnico ao CNRH. Além de se empenhar para divulgar trabalhos, participar das reuniões em plenários ou em câmaras técnicas, preocupando-se com as publicações.

Tudo que se relaciona à água e seus diferentes usos, envolvem grupos de pessoas cujos interesses devem ser respeitados, com objetivos, necessidades e expectativas diferentes. E as ações de cada pessoa pode afetar todos os demais. Muito mais que um sistema natural de águas, uma Bacia Hidrográfica é um grande sistema ambiental, social e econômico. E as soluções para melhor aproveitamento e preservação deste bem comum tem que ser encontrada de forma coletiva e participativa.

Os comitês de Bacias Hidrográficas são locais de decisões e discussões que reúnem representantes dos usuários da água, da sociedade civil organizada e do

governo, onde discutem e negociam democraticamente e com transparência, os diferentes interesses sobre os usos da água. Uma das principais decisões a ser tomada pelo comitê se refere a elaboração do Plano de Recurso Hídrico da Bacia, plano este que enfatiza os usos da água, reunindo informações e informando métodos para gestão das águas em cada Bacia Hidrográfica, com objetivo de manter a qualidade e quantidade desse recurso para as futuras gerações.

- **A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e da comunidade**

A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada para poder ser realizada em nível de Bacia Hidrográfica pelos comitês de bacia, em outras palavras, a gestão não é realizada em nível federal ou estadual. A mesma deve ser participativa, já que a lei nº 9.433/97 prevê que a gestão não é realizada apenas por órgãos públicos, mas também pelas organizações civis e pelos usuários.

Este sistema de gestão representa uma política participativa onde os processos decisórios são abertos para a sociedade, que veem as atribuições do estado bem como o próprio uso da água. Os participantes sociais atuam tendo exemplo sobre suas responsabilidades e papéis com objetivo de anular práticas de interesse político ou econômico, diminuindo assim a chance de abuso de poder.

O modelo de gestão é transformado devido a influência dos fatores não apenas técnicos, mas também de caráter econômico, político e cultural, tornando o processo bem mais complexo. As interações de poder são feitas através de um processo envolvendo negociações em conjuntos e através de debates, permitindo assim que todos os participantes integrem suas práticas (GUIVANT; JACOBI, 2003).

Além disto, a Lei de Política Nacional de Recursos Hídricos prevê no artigo 30 que cabe aos Poderes Executivos Estaduais e do Distrito Federal, na sua esfera de competência promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, ou seja, as políticas de resíduos perigosos, de saneamento básico, de uso e ocupação do solo, de urbanização devem estar integradas com a política pública dos recursos hídricos. Esse princípio da integração da gestão ambiental com a gestão de recursos hídricos é dos mais relevantes em relação à gestão participativa, integrada, descentralizada e compartilhada deste bem comum que é o recurso hídrico.

2.2 RESOLUÇÃO CONAMA N° 357

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é o órgão brasileiro responsável por estabelecer padrões e normas relativas para monitorar a qualidade do meio ambiente, visando principalmente o uso racional dos recursos naturais, especialmente os hídricos. As resoluções elaboradas pelo CONAMA são instrumentos de extrema importância para a gestão ambiental, buscando sempre o crescimento sustentável.

Em 17 de março de 2005, o CONAMA promulgou a resolução de número 357, que trata da classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelecendo as condições e padrões de lançamento de efluentes, classificando as águas em treze classes, de acordo com a qualidade exigida para os seus usos preponderantes. Apesar dessa resolução CONAMA n° 357/2005 ter sido submetida a aproximadamente dois anos de discussão em relação ao que foi decidido na anterior resolução CONAMA n° 20/1986, ainda deixou questões para serem complementadas posteriormente.

Portanto no dia 13 de maio de 2011 foi publicada no Diário Oficial da União a Resolução CONAMA n° 430/2011, que dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de águas receptores, alterando parcialmente e complementando a Resolução CONAMA n° 357/2005.

O enquadramento dos corpos de água em classes é um importante instrumento de gerenciamento de recursos hídricos. A resolução CONAMA n° 357/2011 divide as águas doces e salobras em cinco classes, e as salinas em quatro classes (MENDES, *et al.*, 2016).

A classe de enquadramento para a água doce no território brasileiro pode ser observada na Figura 2.

Figura 3: Classes de qualidade da água e relação com os usos



Fonte: ANA (2017)

De acordo com Granziera (2001) o enquadramento dos corpos d'água tem objetivo de proteção, não só da água, mas da saúde da população, por isso é evidente a necessidade de separação da água que pode ser utilizada para, por exemplo, abastecimento público ou irrigação de hortaliças que são consumidas cruas. Outro fator importante se refere a economia, já que quanto pior a qualidade da água, maior serão os custos de tratamento desta.

Os enquadramentos dos corpos de água não são baseados apenas no seu atual estado, mas também nos níveis de qualidade que cada corpo deveria dispor para obedecer às necessidades de toda população.

O instrumento de enquadramento é de fundamental importância para Bacias Hidrográficas que exista conflitos de uso. A aplicação deste instrumento permite assegurar a disponibilidade qualitativa e quantitativa aos gestores responsáveis por cada bacia hidrográfica, gerando a proteção e recuperação, se necessário, dos recursos hídricos (LEEUEWESTEIN, 2000).

O enquadramento dos corpos d'água é um importante instrumento de planejamento ambiental, e a definição das classes a serem alcançadas, devem ser definidas juntamente com a sociedade, levando em consideração os usos prioritários.

Para que ocorra ampliação e efetivação dos enquadramentos de corpos de água, um conjunto de ações devem ser realizadas, principalmente com relação à capacitação técnica e aperfeiçoamento da legislação (JUNIOR, 2016).

2.2.1 Enquadramento de Corpos de Água na Paraíba

De acordo com Medeiros *et al.* (2010) o órgão encarregado em enquadrar os corpos de água no estado da Paraíba é a Superintendência de Administração do Meio Ambiente (SUDEMA), associado a Secretaria de Estado do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Ciência e Tecnologia (SEMARH).

No ano de 1988 o Sistema Estadual de Licenciamento de Atividades Poluidoras - SELAP anunciou a classificação das águas, assim como o enquadramento de alguns rios do estado da Paraíba por meio de Diretrizes. A diretriz de nº 201 classifica as águas interiores do Estado de acordo com os principais usos. Os enquadramentos dos corpos de água da Bacia hidrográfica do rio Paraíba foram realizados conforme a resolução CONAMA nº 20/86, que classifica o açude Epitácio Pessoa em classe 2. Deste contexto, a SUDEMA teria que reenquadrar, conforme a Resolução mais atual, a CONAMA nº 357/2005.

Vieira (2008) declara que por falta de atualização de enquadramento, todas as águas paraibanas são tidas como classe 2, nos termos da Resolução CONAMA 20/86.

2.3 GESTÃO HÍDRICA NO NORDESTE

A água é um recurso natural essencial como componente de seres vivos, meio de vida de várias espécies vegetais e animais, elemento representativo de valores sociais e culturais e, inclusive, fator de produção de bens de consumo e produtos agrícolas. A água doce do planeta, que pode estar disponível para o uso do homem, é de cerca de 0,3% do total (BASSOI, 2005).

A ANA (2013) através do relatório de conjuntura dos recursos hídricos, destacou que o Brasil é um país beneficiado no que se refere a recursos hídricos, pois possui aproximadamente 13 % da reserva de água doce do mundo. No entanto, a distribuição dessa água é bastante desigual: 80% desses 13% estão na Amazônia, região com menos de 7% da população nacional, enquanto isso, o Nordeste brasileiro

(28% da população do país) possui míseros 3%, sendo 2/3 destes localizados na bacia do rio São Francisco.

Essa distribuição hídrica desigual existente no país, com perceptível desvantagem para o nordeste brasileiro, é consequência das características geoambientais da região, principalmente pela presença do escudo cristalino em cerca de 70% da superfície do Semiárido nordestino (o que dificulta o acúmulo de água no seu subsolo), da topografia, e das secas que constantemente devastam a região.

Em alguns estados como Tocantins, Maranhão a disponibilidade de água é muito maior que os da Paraíba e Pernambuco, que estão no quadro de situação crítica de água (NOBREGA *et al.*, 2013) em relação as suas características geoambientais. As chuvas nesses espaços são mal distribuídas no tempo e no espaço, ocasionando uma dificuldade no abastecimento. Além disto, outros problemas têm agravado a escassez dos recursos hídricos: a poluição, o aumento da temperatura global, altos índices de evaporação, o desmatamento das nascentes, o crescimento populacional, o aumento das demandas para consumo humano e irrigação e a má gestão dos recursos hídricos, pela falta de atenção e cuidado no uso da água disponível.

Brito e Vianna (2008) ressaltam que no Nordeste Brasileiro, e em particular no Estado da Paraíba, a disponibilidade de água por habitante é menos de 1.500 metros cúbicos ao ano, situação crítica já que é uma das mais baixas do país. Para minimizar os problemas relacionados ao abastecimento de água na Paraíba, é bastante comum o sistema de armazenamento em açudes, apesar de não ser muito eficiente, pois compromete o fornecimento da água em períodos extensos de secas. Além disto, muitos açudes que estão inseridos em algumas propriedades, se tornaram particulares, não sendo utilizados para o uso coletivo. A escassez da água no estado leva a municípios entrarem em conflitos, sendo os mais comuns devido aos usos para atividade agrícola, industrial, comércio e lazer.

2.4 ÁGUA DE ABASTECIMENTO

A água é um bem público essencial para a vida, sua importância para a saúde pública é amplamente reconhecida; no entanto, mais de um bilhão de pessoas em todo o mundo não têm acesso à água tratada, entre as quais 19 milhões residem no Brasil. A ausência de água potável, pode acarretar diversas consequências, inclusive

é a causa de inúmeros óbitos no mundo (RHEINGANS, R.; DREIBELBIS, R.; FREEMAN, 2006)

Logo, fica evidente a necessidade que o homem tem de obter água de boa qualidade e em quantidade que seja suficiente não só para proteção da saúde, mas também para o desenvolvimento econômico, já que o recurso natural é um insumo indispensável para realização das diversas atividades econômicas do país.

Cuidar da saúde, significa oferecer água de boa qualidade, para consumo e realização de atividades básicas diárias, pois segundo Razzoline e Gunther (2008) condições adequadas de abastecimento podem gerar benefícios múltiplos como: controle e prevenção de doenças, prática de hábitos higiênicos, conforto e bem-estar, aumento da expectativa de vida e da produtividade econômica.

Os recursos hídricos são utilizados para múltiplos usos, os consuntivos: abastecimento doméstico, industrial, irrigação e dessedentação de animais e os não consuntivos: recreação e lazer, conservação da flora e fauna, geração de energia elétrica, transporte e navegação e diluição de despejos (BASSOI E GUAZELLI, 2004).

O acesso aos recursos hídricos, vem sofrendo ameaças em quantidade e qualidade, em consequência da degradação ambiental resultante das atividades humanas. Tucci (2006), afirmou que o aumento populacional agrava a poluição doméstica e industrial, criando condições ambientais inadequadas e propicia o desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica.

Por outro lado, muito fatores relevantes se refere a proteção e planejamento adequados dos mananciais para garantir a qualidade e a conservação dos mesmos. Diversos são as ações antrópicas sobre os recursos hídricos, entre eles: Lançamento de efluentes industriais e esgoto doméstico sem nenhum tratamento prévio; desmatamento das matas ciliares; assoreamento; disposição incorreta de resíduos sólidos.

Segundo Silva *et al.* (2001), a escolha do manancial é uma decisão de grande importância e responsabilidade em um projeto de abastecimento de água. O processo de escolha deve levar em conta diversos aspectos, como a qualidade e quantidade de água disponível, acesso, disponibilidade de energia elétrica, desnível e distância até o ponto de consumo, entre outros fatores que somam para a melhor alternativa.

Toda água destinada ao consumo humano deve obedecer uma série de requisitos para se constituir água potável, estabelecidos na Portaria n° 2914/11 do Ministério da Saúde. A importância dos sistemas de abastecimento de água está

relacionada com a melhoria da qualidade de vida e com o aumento da vida média dos habitantes. À medida que se aumenta a eficiência dos serviços de abastecimento de água, diminui-se a incidência de doenças relacionadas com a água.

2.5 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Para a água ser considerada própria para o consumo humano e não trazer riscos à saúde da população, é de grande importância atender a conceitos básicos, pois a qualidade da mesma está diretamente relacionada à substâncias que nela está inserida, seja proveniente do ambiente natural ou que tenham sido introduzidas a partir de ações antrópicas. Para definir as características de uma amostra de água, é necessário fazer a determinação de diversos parâmetros, que irão representar as características químicas, físicas e biológicas (VON SPERLING, 1996).

Para realização da vigilância da poluição nos mananciais e reservatórios, utiliza-se padrões de qualidade para definir os limites de concentração que cada substância existente na água deve obedecer. Padrões estes que dependem da classificação das águas interiores, que são estabelecidas de acordo com seus usos preponderantes, variando da Classe Especial, a mais nobre, até a Classe menos nobre de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

Os valores máximos permitidos de cada substância na água foram definidos pela portaria nº 2914/2011 do Ministério da saúde, com base na abordagem de avaliação quantitativa de risco físico-químico e biológico, que permite estimar a concentração limite que, em tese, poderia ser ingerida continuamente ao longo de toda a vida sem risco considerável à saúde.

2.6 PARÂMETROS DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA

Segundo Soares (2016) através da análise físico-química, biológica e radiológica, pode-se identificar o grau de qualidade em que a água se encontra, podendo desta forma estabelecer parâmetros que possam indicar se a água está própria para consumo, ou não.

O Ministério da Saúde, em dezembro de 2011, divulgou a portaria nº 2914, que se refere aos procedimentos de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano bem como seus padrões de potabilidade, esta é a quinta versão da

Portaria relacionada a qualidade de água para consumo, pois desde 1977, vem sendo atualizada já que ocorreu avanços científicos nos tratamentos, para controlar os riscos de saúde.

Enquanto a resolução CONAMA n° 357/05 refere-se à água bruta, a portaria n° 2914/11 diz respeito à águas tratada.

De acordo com Maciel *et al.* (2014), água com qualidade adequada para o consumo, é aquela que está legalmente de acordo com a Portaria n° 2914/11, ou seja, “conjunto de valores máximos permissíveis das características de qualidade da água destinada ao consumo humano”.

O Quadro 1 apresenta alguns dos parâmetros bem como seus valores máximos permitidos (VMP) de acordo com a portaria n° 2914/11, para o controle da qualidade de água para consumo humano.

Quadro 1 - Padrões organolépticos e microbiológicos da água bruta para consumo humano.

PARÂMETRO	UNIDADE	VMP (Portaria n° 2914/11)
Cor Aparente	uH	15
Turbidez	uT	5
pH	-	6,0 a 9,5
Dureza Total	mg.L ⁻¹	500
Amônia	mg.L ⁻¹ (como NH ₃)	1,5
Nitrito	mg.L ⁻¹	1
Nitrato	mg.L ⁻¹	10
Fluoreto	mg.L ⁻¹	1,5
Ferro	mg.L ⁻¹	0,3
Cloretos	mg.L ⁻¹	250
<i>Escherichia coli</i>	-	Ausente em 100 mL
Coliformes totais	-	Ausente em 100 mL

Fonte: modificado a partir da portaria do MS n° 2914/11.

2.7 ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

O Índice de Qualidade da Água mais conhecido pela comunidade científica por (IQA), foi criado pela *National Sanitation Foundation* (NSF) em 1970 nos Estados Unidos e desenvolvido com intuito de avaliar a qualidade da água bruta tendo em vista o uso para abastecimento público. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), começou a utilizar o IQA a partir de 1975, e nas décadas posteriores,

outros estados brasileiros também o adotaram, sendo hoje o principal índice de qualidade da água utilizado no país (GOVEIA *et al.*, 2014).

A CETESB adaptou o IQA da NSF fazendo mudanças nos pesos (w_i) das variáveis coliformes termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e potencial hidrogeniônico (pH), e também alterando o parâmetro nitrato por nitrogênio total e de sólidos totais dissolvidos por sólidos totais (CETESB, 2010)

O IQA modificado leva em conta parâmetros que em sua grande maioria são indicadores de contaminações causada pelo lançamento de efluentes domésticos. Para realização da avaliação do IQA primeiramente é necessário verificar a interação entre estes parâmetros determinados nas amostras de água. Em seguida, calcula-se os IQAs para analisar estas associações e fazer uma interpretação ecológica que possa informar sobre a água, de forma compreensível e objetiva (LEITE *et al.*, 2013).

O IQA foi elaborado segundo um inquérito de opiniões através de especialistas em gestão da qualidade da água, onde escolheram os parâmetros mais significativos para avaliar a água, o peso relativo de cada uma e a condição com que se apresenta cada parâmetro, de acordo com uma escala de valores: Oxigênio Dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, nitrogênio, fosforo, temperatura, turbidez e sólidos totais (CETESB, 2015).

O IQA é composto por nove parâmetros, com seus respectivos pesos (w), conforme pode-se observar no Quadro 2, que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. Os pesos indicam a importância de cada parâmetro no índice e qual parâmetro mais influencia no resultado final do IQA (SILVA *et al.*, 2016).

Quadro 2 - Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso.

PARÂMETRO DE QUALIDADE DA ÁGUA	PESO (W)
Oxigênio dissolvido - OD	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico- pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrogênio Total	0,10
Fósforo Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

Fonte: Agência Nacional das Águas (2017).

Segundo Silva *et al.* (2016) o IQA obedece às seguintes propriedades matemáticas, de acordo com a Equação (1)

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (1)$$

em que:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100.

q_i : Qualidade do i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido a partir da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função da sua concentração ou medida.

w_i : Peso correspondente ao i -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2)$$

Com base no resultado do IQA calculado por meio da equação 1, classifica-se a qualidade da água entre ótima, boa, regular, ruim ou péssima, conforme Quadro 3.

Os índices apresentam a vantagem de reunir, em um único valor, as variáveis utilizadas em seu cálculo, favorecendo a interpretação, compreensão e divulgação dos resultados (DE JESUS SANTOS; OLIVEIRA; PALMEIRA, 2016).

Quadro 3 - Intervalos de IQA utilizados nos seguintes Estados: BA, CE, ES, GO, MS, PB, PE, SP.

Intervalos de IQA	Classificação
$80 < IQA \leq 100$	ÓTIMA
$52 < IQA \leq 79$	BOA
$37 < IQA \leq 51$	REGULAR
$20 < IQA \leq 36$	RUIM
$0 \leq 19$	PÉSSIMA

Fonte: Agência Nacional das Águas (2017).

No Brasil, vários trabalhos utilizando o IQA vêm sendo realizado buscando atingir os mais variados objetivos, como o estudo de Silva (2016) que avaliou a qualidade da água em zona urbana de Manaus. Lucena *et al.* (2008) através deste

índice classificaram, durante o ano de 2007, nove grandes reservatórios destinados ao abastecimento público, localizados no Estado da Paraíba. Santana *et al.* (2017) utilizou o IQA para avaliar as nascentes do Rio Piauitinga-SE. Rego (2016) avaliou através de IQAs a qualidade da água do reservatório Encanto-RN, destinado ao abastecimento público e situado em região semiárida. Já Cruvinel (2016) realizou uma avaliação da variabilidade de qualidade ambiental de bacias de mananciais de abastecimento público com a aplicação do IQA para o estado de Goiás.

2.7.1 Parâmetros que Compõem o IQA

2.7.1.1 Potencial Hidrogeniônico - pH

A sigla pH significa potencial hidrogeniônico (quantidade de prótons H⁺), que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de uma solução aquosa. A escala do pH varia entre 0 e 14 na temperatura de 25° C. Caso o valor do pH seja igual a 7 (pH da água), o líquido será neutro. Porém, se for menor que 7, será ácido, e pH acima de 7, básico.

O valor do pH é definido como o logaritmo negativo da [H⁺], conforme a Equação 3:

$$\text{pH} = -\log [\text{H}^+] \quad (3)$$

Nas águas superficiais o pH é influenciado por vários fatores, como a geologia da região. Além disso, é um importante parâmetro que, juntamente com os outros, pode indicar o grau de poluição, ou ainda de impactos em um corpo hídrico. A água bruta apresenta normalmente pH entre 4 e 9, em geral quando o pH se aproxima de 9, tem-se a retirada do gás no processo de fotossíntese (SILVA, 2016).

A influência do pH sobre os corpos de água ocorre diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Além disso, determinadas condições de pH contribuem nos processos de tratamento da água (desinfecção, coagulação, remoção de ferro, manganês e metais pesados).

2.7.1.2 *Temperatura da Água*

Temperatura da água pode ser definida como uma medida da intensidade do calor, apresenta origem natural pela transferência de calor por radiação, condução e convecção e origem antrópica devido especialmente, aos despejos industriais (SPERLING, 2005).

Segundo a ANA (2017), a temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos presentes na água são afetados por temperaturas elevadas, fora de seus limites de tolerância térmica, podendo causar impactos negativos sobre seu crescimento e reprodução.

2.7.1.3 *Sólidos Totais*

Chama-se sólido total toda matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado período de tempo e variação de temperatura. Podem estar presentes das seguintes formas: física (dissolvido e suspensos) e química (voláteis e fixos). As partículas que são capazes de ficarem retidas nos processos de filtração são chamadas de sólidos em suspensão. Os dissolvidos são formados por partículas com diâmetro inferior a 10^{-3} μm e quem permanecem na água mesmo após a filtração (DE ALMEIDA, 2013)

Os sólidos totais quando se depositam nos leitos dos corpos de água podem causar problemas como assoreamento, podendo aumentar as chances e riscos de enchentes, além disto, podem causar danos na vida aquática, pois ao se depositarem no leito acabam destruindo os organismos presentes nos sedimentos que servem de alimentos para outros orgânicos.

Este parâmetro juntamente com a Turbidez, recebe a menor ponderação no Índice de Qualidade de Água pois não é considerado um fator extremamente prejudicial à qualidade da água (GOUVEIA *et al.*, 2014).

2.7.1.4 *Fósforo Total*

O aporte de fósforo na água origina-se da lixiviação de solos naturais, porém aparece fortemente nos corpos d'água devido principalmente a descarga de efluentes

domésticos e industriais, além do escoamento superficial de áreas agrícolas onde práticas de cultivo introduzem fósforo de fertilizantes naturais (MATTHIENSEN, 2015). O fósforo pode ser encontrado na água de diversas formas, sendo as principais os ortofosfatos, polifosfatos e o fósforo orgânico.

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas.

O fósforo é um importante parâmetro indicador indiretamente de possíveis contaminações antrópicas pelo uso de fertilizantes, despejos domésticos e industriais, detergentes e excrementos animais (DANELON; DA LUZ NETTO; RODRIGUES, 2016).

2.7.1.5 Nitrogênio Total

O nitrogênio pode ser encontrado na água nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Sendo nitrito e nitrato produtos da degradação da amônia, através do processo de nitrificação no qual bactérias utilizam amônia para seus processos metabólicos.

A ocorrência de elevadas concentrações de amônia, são resultado de esgotos sanitários provenientes de lançamentos de efluentes industriais e domésticos. A presença de amônia em uma água destina ao consumo humano não causa impacto na saúde, porém a existência da mesma, produz efeitos significativos no processo de desinfecção da água com cloro, pois forma-se cloraminas que possuem baixo poder bactericida, além de comprometer o funcionamento dos filtros e na remoção de manganês, causando cheiro e sabor na água.

O principal objetivo deste parâmetro se refere na possibilidade de indicar indiretamente possíveis contaminações de efluentes domésticos ou industriais nos corpos d'água.

De acordo com Gadelha *et al.* (2015) nitrito pode ser encontrado na água como efeito da decomposição biológica, devido à ação de bactérias ou outros microrganismos sobre o nitrogênio amoniacal, ou ser provenientes de ativos inibidores de corrosão em instalações industriais. Sua principal consequência ao se encontrar teores maiores que o permitido na água, é uma doença conhecida como metahemoglobinemia ou descoloramento da pele, causada pela alteração do sangue,

tanto em bebês recém-nascidos, como em adultos com determinada deficiência enzimática.

Segundo Campos *et al.* (2012) o nitrito pode se tornar extremamente tóxico, conforme a sua concentração no meio e do estágio de desenvolvimento em que se encontram os organismos cultivados. O nitrito é uma forma nitrogenada altamente tóxica para organismos aquáticos, causando mortalidade em larviculturas e nos sistemas de cultivo.

O nitrato geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas. O seu consumo por meio das águas de abastecimento está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia, especialmente em crianças, quando esta se converte para nitrito durante a digestão, e a formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001).

O nitrato é um simples, mas importante parâmetro, pois a presença do mesmo em corpos de água indica poluição antiga relacionada ao final do período do processo de nitrificação ou pode caracterizar o efluente de uma estação de tratamento de esgotos sanitários a nível terciário.

No que se refere a nitrogênio total, é a soma dos nitrogênios orgânicos e amoniacal. A resolução CONAMA n° 357/05 não determinou limite máximo de concentração, embora o § 3° do artigo 10° para águas doces de classes 1 e 2, leia-se que quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, o valor do nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg.L⁻¹ para ambientes lênticos. Ambas as formas, tanto orgânica quanto amoniacal, estão presentes em detritos de nitrogênio orgânico resultante de atividades biológicas e são de grande importância para determinar a nitrogênio disponível para as atividades biológicas. O nitrogênio total contribui para eutrofização dos corpos de água (BELLO; GUANDIQUE, 2011).

2.7.1.6 Oxigênio Dissolvido – OD

O Oxigênio Dissolvido (OD) é um dos parâmetros mais importantes na determinação da qualidade da água, pois pode ser um indicador da presença de organismos nos corpos d'água, o OD é necessário para conservar as condições de vida de organismos na água e para decomposição aeróbica do despejo poluidor (DA SILVA *et al.*, 2017).

Segundo Gouveia (2014) oxigênio dissolvido possui a maior ponderação no IQA por ser essencial para preservação da fauna aquática, e por ser um forte indicador de contaminação por esgotos e eutrofização, já que devido alto teores de matéria orgânica em decomposição na água diminui a oxigenação e grandes quantidades de nutrientes acarretam um aumento elevado desse parâmetro.

2.7.1.7 *Coliformes Termotolerantes*

Os Coliformes termotolerantes representam um parâmetro extremamente importante para a vigilância da qualidade de água. As bactérias que pertencem ao grupo de coliformes são tidas como possíveis indicadores primários de contaminação na água, determinam indiretamente, a existência de alguns organismos patogênicos, principalmente bactérias, vírus e protozoários (WEINBERG, 2013).

Segundo Muller e Parussolo (2014) os Coliformes termotolerantes são os Coliformes totais que permanecem fermentando a lactose, em temperatura de 44-45 °C em 24 horas, tendo como principal representante desse grupo a bactéria *Escherichia coli*. Essa bactéria é um dos microrganismos mais comuns no corpo humano, principalmente no trato digestório, logo pode ser utilizada como um indicador de uma possível contaminação fecal na água. A *E. coli* não é um patógeno comum, alguns podem produzir enterotoxinas que ocasionam diarreia, doença de origem alimentar grave (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

2.7.1.8 *Turbidez*

A turbidez é a medição da resistência da passagem de luz através do líquido. É provocada por partículas em suspensão dispersas na água. Frequentemente, as partículas em suspensão mais encontradas são: argila, matéria orgânica, bactérias. Além da ocorrência de origem natural, a turbidez pode ser provocada por lançamento de esgoto e efluente industriais.

Assim como a cor da água, a turbidez está associada ao aspecto estético de aceitação ou rejeição do produto.

2.7.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO

Silveira (2014) define a DBO como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por microrganismos aeróbicos para uma forma inorgânica a uma dada temperatura e em um determinado espaço de tempo. Logo, a determinação da DBO é realizada através da diferença entre as medidas iniciais e finais de oxigênio dissolvido (OD).

Elevados valores de DBO, em um corpo de água são provocados frequentemente pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. Altos valores de DBO pode causar a diminuição de oxigênio dissolvido no meio, podendo provocar a mortandade de peixes e outros organismos presentes no meio aquático.

2.8 MANANCIAL EPITÁCIO PESSOA

O manancial Epitácio Pessoa, mais conhecido como Boqueirão, foi construído pelo Governo Federal, através do Departamento Nacional de Obras contra as secas (DNOCS) em 1952, porém só entrou em operação no ano de 1957 (LOURENÇO, 2014).

No decorrer dos anos de 1998-2003, foi verificado que não ocorria nenhum gerenciamento ou controle técnico dos usos da água do açude. Então, o DNOCS, autarquia federal responsável pelo manancial, adquiriu a função de órgão gestor das águas. A partir do ano 2000, a ANA foi encarregada de ser o Órgão gestor das Águas da União, como isso a agência ficou encarregada de emitir outorgas de direito de uso em corpos hídricos de domínio federal. A ANA foi a responsável por outorgar os usos da água do manancial Epitácio Pessoa para a Companhia de Água e Esgoto – CAGEPA (SILVA, 2014).

Segundo Araújo (2013) o manancial Epitácio Pessoa não foi construído com objetivo de abastecimento, mas sim para gerar energia e ser usado na irrigação, porém passou a ser utilizado para abastecimento humano, devido uma crise hídrica na cidade de Campina Grande.

Atualmente o manancial abastece o município de Campina Grande e demais municípios do Compartimento da Borborema: Boqueirão, Queimadas, Pocinhos, Caturité, Riacho de Santo Antônio, Galante e São José da Mata. Ao todo são (18)

municípios abastecidos, distribuídos pelas microrregiões do Cariri e do Agreste do estado (LOURENÇO, 2014).

De acordo com dados do DNOCS (2015) a bacia hidrográfica do açude Epitácio Pessoa cobre uma área de 12.410 km², tendo capacidade para acumular um volume de 411.686.287 m³ oferecendo um potencial energético de 2.300 CV.

O clima de toda a região da bacia hidrográfica é tropical quente e seco, com temperatura máxima de 37°C e mínimas de 16°C. A precipitação média na região é de 600 mm/ano, caracterizando-se um clima de semiárido (DNOCS,2015).

A maioria dos solos identificados por De Brito (2006) em torno do açude Epitácio Pessoa são, rasos, com poucas profundidades, e organizados em dois ambientes edafológicos: o primeiro se refere a uma superfície semi-evoluída, formada pelos solos Bruno Não Cálcicos e, o segundo, por uma superfície não evoluída, formada pelos Litossolos e Afloramentos de Rocha.

Em relação a vegetação ao redor do açude se divide em três níveis de caatinga: vegetação arbustiva aberta; vegetação arbustiva arbórea fechada e vegetação arbórea fechada. Além da vegetação, a referida área ainda apresenta outras duas formas: as Áreas de Preservação Permanente (APP) e o antropismo, que são as áreas exploradas para agricultura. Estas atividades antrópicas provocam alterações na fisiografia da área (DE BRITO, 2006).

Nos últimos dez anos, este manancial passou, por períodos de escassez críticas que quase causaram esgotamento no sistema de abastecimento de Campina Grande e região (ARAUJO, 2013).

Atualmente o açude Epitácio Pessoa, vem atravessando uma das piores crises de sua história, encontra-se no volume morto conforme pode-se observar na Figura 4. Segundo os dados da AESA (2017), o açude atingiu o volume morto em abril de 2016 quando ficou com 8,2% da sua capacidade máxima. E mesmo com este volume o açude continuou abastecendo uma população estimada de 900.000 habitantes.

Figura 4 - Manancial Epitácio Pessoa durante período de volume morto.



Fonte: AESA (2016).

A água se tornou uma incerteza para a população de Boqueirão e de todos os municípios abastecidos por este. Para redução do problema algumas medidas foram tomadas, sendo a principal, que a água passou a ser destinada apenas para o abastecimento humano e dessedentação de animais.

Foi necessário realizar o racionamento da água do açude Epitácio Pessoa que começou desde o dia 6 de dezembro de 2014, e mesmo com racionamento, em dois anos o açude perdeu 76,850 milhões de metros cúbicos de água, isso devido o consumo da população e pelo processo natural de evaporação. Segundo a Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), este é o pior nível de água da história, desde 1950 onde a cidade começou a ser abastecida pelo açude. A maior crise anterior a esta foi quando o açude chegou a 14,5% do total ocorreu em 1999.

Devido ao nível de água do açude está muito baixo, o sistema de captação por meio de gravidade se tornou ineficiente, portanto a CAGEPA adotou o sistema de captação flutuante, conforme pode ser observado na Figura 5, com objetivo de retirar água superficial. Além disto, aumentou o nível de tratamento, já que a qualidade da mesma diminuiu.

Figura 5 - Captação Flutuante no Manancial Epitácio Pessoa.



Fonte: Portal correio (2016).

2.8.1 Tratamento

As Estações de Tratamento de Água (ETAs) tem como objetivo transformar a água bruta em água potável, removendo partículas, microrganismos ou qualquer substancia que seja nociva à saúde humana. A qualidade da água do manancial abastecedor interfere diretamente no tipo de tratamento que deve ser adotado pela ETA, para que no final do processo a água esteja dentro dos padrões de potabilidade estabelecido pela Portaria n° 2914/11.

A água bruta capitada do Açude Epitácio Pessoa é transportada através de duas adutoras até a ETA Gravatá, localizada no município de Queimadas, a cerca de 21 km de distância de Campina Grande (PEREIRA, 2012).

Segundo Pereira (2012) a água recebe tratamento convencional, onde passa por dosadores químicos (sulfato de alumínio e cal), flocculadores, decantadores, filtros (areia e antracito) e cloradores.

A ETA de Gravatá (Figura 6) possui capacidade para tratar 1500 L/s de água de acordo com Meneses (2011).

Figura 6 - Estação de Tratamento de Água (ETA) de Gravatá.



Fonte: Albuquerque (2007).

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O açude Epitácio Pessoa, também denominado Boqueirão (Figura 7) está localizado na região semiárida paraibana, a 165 km de distância da capital do estado e a 44 km de Campina Grande – PB, situa-se entre as coordenadas 07° 28' 4" e 07° 33' 32" de latitude S e, 36° 08' 23" e 36° 16' 51" de longitude O, a 420m de altitude, na mesorregião da Borborema, especificamente na microrregião do Cariri Oriental paraibano, fazendo parte da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, numa área formada pelo Alto Paraíba e sub-bacia do Rio Taperoá, o manancial se encontra inserido entre os municípios de Boqueirão, Cabaceiras e Barra de São Miguel (BRITO, 2008).

Figura 7- Localização do município de Boqueirão e do manancial Epitácio Pessoa, na Paraíba.



Fonte: AESA (2010).

3.2 COLETA DE DADOS

Os levantamentos de dados dos parâmetros turbidez, pH, temperatura, sólidos totais e coliformes termotolerantes do manancial Epitácio Pessoa foram realizados através do banco de dados da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, já os parâmetros nitrogênio total, fósforo total e oxigênio dissolvido foram disponibilizados pelo laboratório de ecologia aquática da Universidade Estadual da Paraíba. Os dados de todos os parâmetros foram para o período de 2015 e 2016.

Para acompanhar o decaimento do volume de água no reservatório, foram obtidos os dados de volume através do banco de dados da Agência Executiva de

Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), num período de 3 anos, do ano de 2014 até 2016.

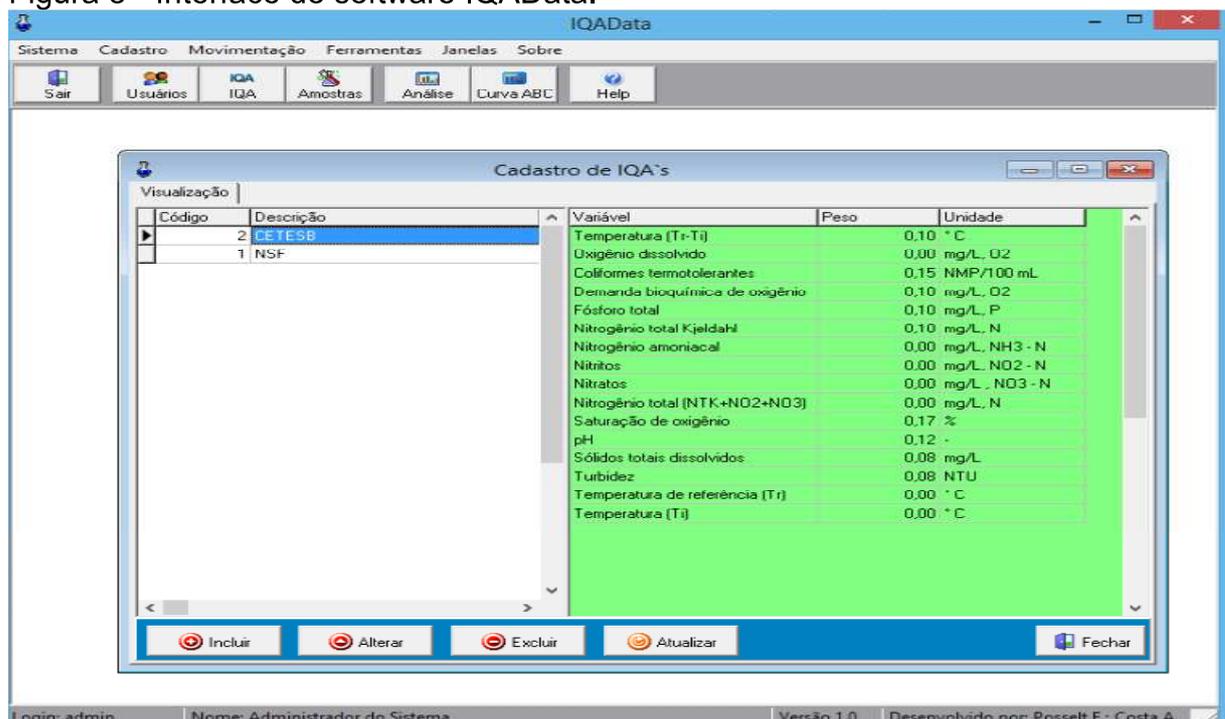
Os dados de cianotoxinas utilizados no trabalho foram cedidos pela CAGEPA e pelo laboratório de ecologia aquática da UEPB.

3.3 DETERMINAÇÃO DO VALOR DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA – IQA

Para gerar o IQA dos respectivos anos analisados foi utilizado o programa IQAData, que foi elaborado pelo programa de pós-graduação em sistemas e processos industriais da Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, a interface do *software* pode ser observada na Figura 8.

O programa possibilita selecionar treze parâmetros, porém no presente estudo optou-se por utilizar o modelo adaptado da CETESB que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público. Os seguintes parâmetros serão analisados: temperatura, oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, nitrogênio total, pH, sólidos totais e turbidez.

Figura 8 - Interface do software IQAData.



Fonte: adaptado de software IQAData.

O IQAData é um *software* destinado ao desenvolvimento e a aplicação de índices de qualidade da água, tendo como referência o modelo de IQA adotado pela *National Sanitation Foundantion* (NSF). O usuário do programa pode aplicar o modelo original da NSF, ou selecionar os parâmetros que considera mais significativos, podendo elaborar diferentes modelos de índice de qualidade para cada caso.

O *software* IQAData também permite criar curvas ABC, com objetivo de auxiliar na análise dos resultados. A curva ABC, segundo Polset e Costa (2010), é um método de classificação de informações para separar e identificar quais parâmetros representam maior impacto na amostra. Cada parâmetro analisado é classificado em ordem decrescente, de acordo com o percentual de nota que perderam. Os parâmetros são agrupados em níveis (Figura 9). Como por exemplo, um parâmetro classificado em vermelho representa que esse determinado parâmetro perdeu 50% da nota total que seria capaz de ser tirado, sendo então o que mais compromete na amostra.

Figura 9 - Base de dados da curva ABC.

The screenshot shows the IQAData software interface. At the top, there is a menu bar with options: Sistema, Cadastro, Movimentação, Ferramentas, Janelas, Sobre. Below the menu bar is a toolbar with icons for Sair, Usuários, IQA, Amostras, Análise, Curva ABC, and Help. The main window is titled 'FABC' and contains a form for selecting a sample to be analyzed. The form includes fields for Data, Local, Cidade, and Corpo Hídrico, along with dropdown menus for Condição Climática and Racia hidrográfica. There are buttons for 'Filtrar Amostras' and 'Analisar Amostra'. To the right of the form is a small table with columns: LOCAL, DSCIQA, DATA, and HORA. Below the form is a table with columns: Variável, Valor, Peso, Q, Q_Max, Q_Max - Q, Result, Result_Max, Dif. Result, Result_Acum, and R_Acum_Max. The table contains 15 rows of data, with the first three rows highlighted in yellow and the next three rows highlighted in green. At the bottom of the table is a legend with four color-coded boxes: red for 'Representa + 50%', yellow for 'Representa entre 25 e 50%', green for 'Representa entre 10 e 24%', and white for 'Representa - 10%'.

Variável	Valor	Peso	Q	Q_Max	Q_Max - Q	Result	Result_Max	Dif. Result	Result_Acum	R_Acum_Max
Coliformes termotolerantes	881,16	0,15	27,20	100,00	72,80	1,64	2,00	0,35	1,64	2,00
pH	10,02	0,12	18,41	93,00	74,59	1,42	1,72	0,30	2,33	3,44
Temperatura (T _r -T _i)	25,43	0,10	16,41	93,00	76,59	1,32	1,57	0,25	3,08	5,41
Sólidos totais dissolvidos	637,00	0,08	20,00	85,80	65,80	1,27	1,43	0,16	3,91	7,72
Demanda bioquímica de oxigênio	5,00	0,10	57,47	100,00	42,53	1,50	1,58	0,09	5,87	12,24
Fósforo total	0,09	0,10	82,56	100,00	17,44	1,55	1,58	0,03	9,12	19,40
Nitrogênio total Kjeldahl	0,16	0,10	94,67	98,00	3,33	1,58	1,58	0,01	14,38	30,68
Saturação de oxigênio	92,30	0,17	96,24	98,93	2,69	2,17	2,18	0,01	31,26	67,00
Temperatura de referência (T _r)	50,86									
Temperatura (T _i)	25,43									
Oxigênio dissolvido	7,26									
Nitrogênio total (NTK+NO ₂ +NO ₃)	0,16									
Turbidez	0,96	0,08	94,69	96,70	2,01	1,44	1,44	0,00	44,99	96,58

■ Representa + 50 %
■ Representa entre 25 e 50 %
■ Representa entre 10 e 24 %
■ Representa - 10 %

Fonte: adaptado de *software* IQAData.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água do reservatório Epitácio Pessoa utilizado para o abastecimento humano está sujeita às mudanças hidrológicas, principalmente por se localizar em uma região semiárida. Em períodos de seca, a intensa taxa de insolação e a falta de chuvas provoca grandes perdas de água por evaporação como também diminui o potencial de autodepuração do manancial, favorecendo o aumento da concentração de nutrientes e eutrofização deste corpo hídrico.

No Quadro 4 estão descritos os dados volumétricos de água no manancial ao longo dos anos de 2014 a 2016. Os dados são apresentados em % em relação ao volume total do açude.

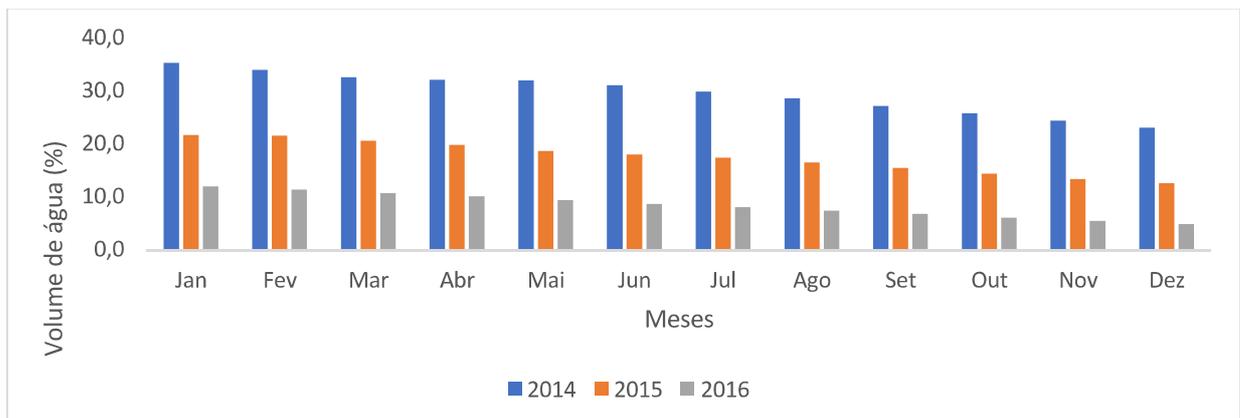
Quadro 4 - Quantidade volumétrica temporal do açude Epitácio Pessoa, Boqueirão-PB.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2014	35,2	33,9	32,5	32	31,9	31	29,8	28,5	27,1	25,7	24,3	23
2015	21,6	21,5	20,5	19,7	18,6	17,9	17,3	16,4	15,4	14,3	13,3	12,5
2016	11,9	11,3	10,6	10	9,3	8,6	8	7,3	6,7	6	5,4	4,8

Fonte: Adaptado a partir de dados da AESA.

Na figura 10 encontra-se ilustrada a evolução mensal do volume de água do açude Epitácio pessoa, nos anos de 2015 a 2016.

Figura 10 - Evolução mensal do volume de água armazenado nos anos de 2014, 2015 e 2016.



Fonte: Adaptado a partir dos dados da AESA.

Avaliando o comportamento mensal do volume do manancial Epitácio Pessoa apresentados na Figura 10 pode-se observar que à medida em que os meses passaram houve decaimento no volume acumulado, isto é, a reposição de água não estava ocorrendo no mesmo ritmo que o consumo realizado pelo abastecimento de Campina Grande e demais municípios que utilizam a água do manancial, mesmo havendo racionamento.

Segundo Farias (2017) o racionamento de água do açude de Boqueirão teve início em dezembro de 2014 e continuou por 2015 e 2016, isso devido uma intensa seca que ocorreu em 2012 e 2013 que se destacou por ter apresentado a maior duração, no total foram 12 meses.

Mesmo com o racionamento o volume de água tem diminuído de forma significativa, outros fatores também influenciam nesta redução como a perda de água por evaporação. Segundo Medeiros *et al.* (2015) a evaporação na região do manancial é de aproximadamente 2.000 mm/ano, como também em relação as irrigações clandestinas no manancial, já que não se tem garantia da ausência dessas práticas, ainda que tenham sido proibidas pelos órgãos gestores responsáveis.

A seca entre os anos de 2012-2016 tem gerado diversos impactos na população dependente do manancial Epitácio Pessoa. As precipitações estão abaixo da média nas Bacias Hidrográficas do Alto Paraíba e Taperoá durante esses anos, logo o volume tem diminuído dia após dia causando preocupações aos usuários.

Em 18 de junho de 2016 o manancial ficou com 8,22 % da sua capacidade máxima, o que corresponde a 33,875 milhões de metros cúbicos de água, período em que atingiu a reserva técnica, também conhecida como “volume morto”. Em março de 2017 o manancial se encontrou com apenas 3,2% de água, sendo esta a pior situação da sua história desde sua construção.

Em 21 de novembro de 2016 foi promulgada uma Resolução conjunta ANA/AESA nº 1396, em que determinaram a proibição do uso da água para irrigação, observa-se que o manancial vinha sofrendo redução no volume de água a bastante tempo e se essa intervenção tivesse sido realizada com mais antecedência, a captação do volume morto seria postergada por mais algum tempo.

É importante saber que volume considerado morto é o que fica abaixo dos canos de captação, aquele que atinge a reserva de água mais profunda do manancial. A qualidade da água quando atinge esse volume tende a ser reduzida, já que possíveis poluentes presentes sedimentam e se acumulam no fundo do manancial.

Os IQAs são utilizados por agências de água em diversos países (BOYACIOGLU, 2010). No Brasil há atualmente uma variedade de índices, sendo o IQA o mais utilizado por órgãos gestores a exemplo da Agência Nacional de Águas (ANA) que é uma autarquia federal, responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos brasileiros.

Dentro desse contexto, utilizar o IQA é importante para acompanhar a qualidade da água do “volume morto”, servindo como um instrumento de informações para que se possa ter uma melhor gestão do controle de qualidade da água.

4.1 ANÁLISE DOS PARÂMETROS QUE COMPÕE O IQA

Para melhor compreensão e comparação dos valores dos parâmetros analisados nos anos de 2015 e 2016 foram plotados gráficos que estão apresentados nas Figuras 10 ao 17. Os valores médios anuais de cada parâmetro disponibilizado para este estudo podem ser vistos no Quadro 5. Cada parâmetro será discutido separadamente a seguir.

Quadro 5 - Valores médios anuais dos parâmetros que compõem o IQA.

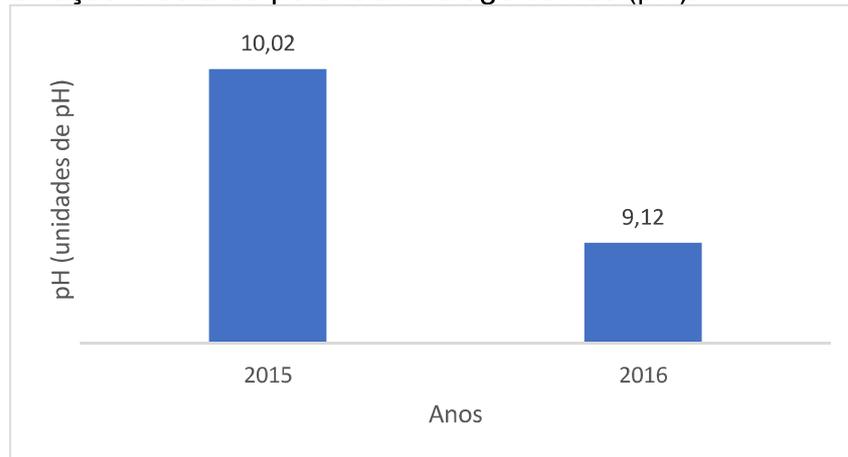
PARÂMETRO	UNIDADE	2015	2016	VMP*
Potencial Hidrogeniônico - pH	Unidade de pH	10,02	9,12	6 à 9
Variação de Temperatura	°C	25,43	25,8	-
Sólidos Totais	mg.L ⁻¹	637	796,96	≤ 500
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,09478	0,06632	≤ 0,03
Nitrogênio Total	mg.L ⁻¹	0,16019	0,22926	≤ 1,27
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	7,26	9,16	≥ 5
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	681,16	862,32	≤ 1000
Turbidez	UNT	0,96	0,93	≤ 100
DBO	mg.L ⁻¹	5	5	≤ 5

*Valor Máximo Permitido – Resolução CONAMA 357/2005 para águas doces de classe 2.

4.1.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

Na Figura 11 encontra-se ilustrada a variação média do potencial hidrogeniônico (pH) para os anos de 2015 e 2016.

Figura 11 - Variação média do potencial hidrogeniônico (pH).



Fonte: Cagepa (2017).

Na análise dos resultados das concentrações médias de pH (Figura 11), observou-se que tanto o ano de 2015 quanto o de 2016 estiveram acima do limite estabelecido pela a resolução CONAMA n° 357, que indica pH entre 6,0 e 9,0 para água doce de classe 1, 2, 3 e 4.

Este elevado pH no açude de Boqueirão pode ser justificado pela redução do nível de água, já que desde o ano de 2014 o manancial vem sofrendo drásticas alterações no seu volume. Segundo Esteves (1998) os reservatórios do Nordeste são favoráveis a valores elevados de pH, superiores a 8, principalmente em época seca. As águas das regiões semiáridas são mais alcalinas devido à presença natural de carbonatos e bicarbonatos no solo onde a água atravessa, logo a evaporação intensa faz com que a concentração de bicarbonato presente aumente, elevando então o pH.

Como pode-se observar na Figura 11 o valor do pH diminuiu no ano de 2016, porém faltaram informações para justificar essa redução já que devido as condições que o manancial se encontrava o esperado era que aumentasse.

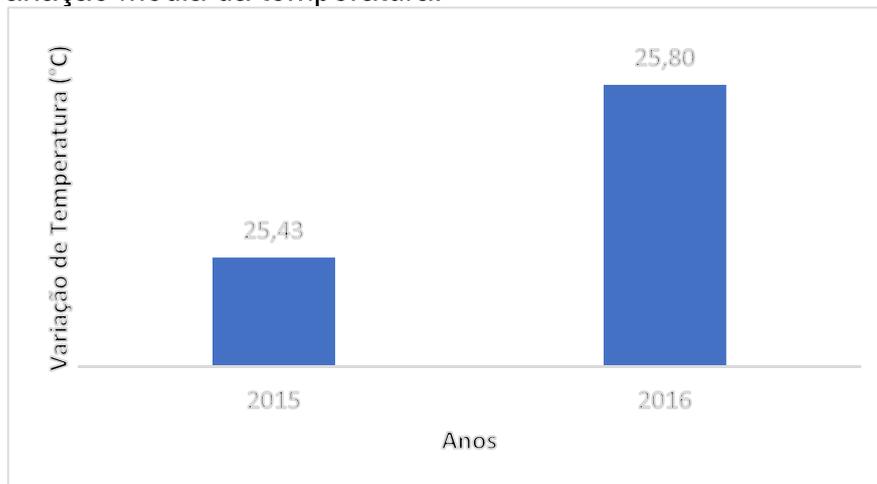
Um estudo que corrobora com a presente pesquisa é o de Pedrazzi *et al.* (2014) em que foi realizada uma avaliação da água da bacia do alto Sorocaba/SP, e encontraram valores de pH elevados, mais alcalinos, na superfície que pode ser explicado devido à atividade fotossintética, que retira CO₂ e HCO₃³⁻.

Para Von Sperling (1996) altos valores de pH em águas podem estar associados ao material geológico dos locais que tiveram contato, ao lançamento de efluentes de caráter básico ou à proliferação de algas no meio.

4.1.2 Temperatura

A Figura 12 ilustra a variação média da temperatura nos anos de 2015 e 2016.

Figura 12 - Variação média da temperatura.



Fonte: Cagepa (2017)

Comparando os valores médios de temperatura para cada ano, pode-se observar na Figura 12 que não houve variação significativa.

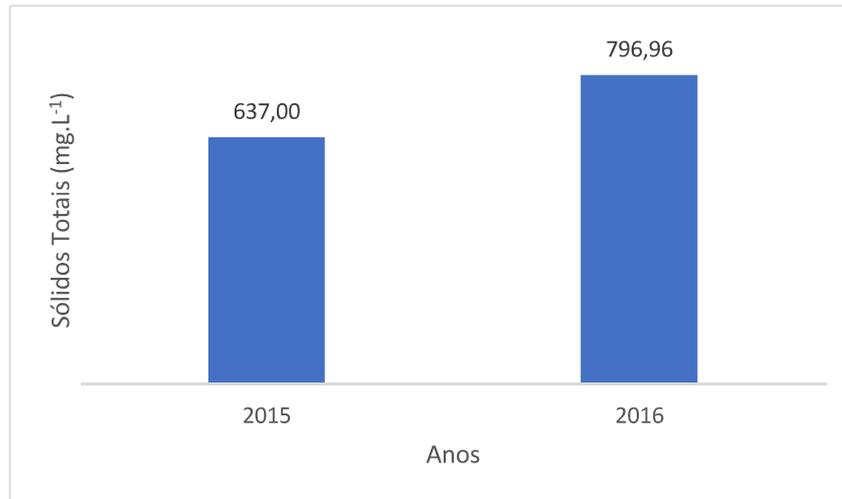
É válido ressaltar que a temperatura é um fator que influencia praticamente todos os parâmetros físicos, químicos e biológicos que ocorrem na água. É um parâmetro de qualidade de grande importância, pois a elevação das temperaturas aumenta as taxas de reações químicas e biológicas, reduzindo a solubilidade dos gases e ampliando a taxa de transferência dos mesmos, podendo causar mau cheiro devido a liberação de gases com odores desagradáveis.

A resolução CONAMA nº 357/2005 não estabelece um valor limite de temperatura para a água doce.

4.1.3 Sólidos Totais

Na Figura 13 estão ilustrados os valores da variação média dos sólidos totais, para os anos de 2015 e 2016.

Figura 13 - Variação média dos sólidos totais.



Fonte: Cagepa (2017)

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece que para corpos hídricos de classes 1, 2 e 3 a concentração de sólidos totais não ultrapasse 500 mg.L⁻¹. Como pode-se observar nos anos estudados, as concentrações foram acima do permitido.

De acordo com a Figura 13 há um aumento na concentração média de sólidos totais no manancial Epitácio Pessoa durante os anos analisados. Quanto menor o volume de água disponível no manancial maior foi a concentração de sólidos totais presentes.

Esse aumento dos sólidos totais se refere a diminuição do volume de água, já que em 2016 o Epitácio Pessoa ficou no seu “volume morto”. Os sólidos apresentados no manancial em sua maioria devem-se principalmente a presença de sólidos dissolvidos, visto que por se localizar em uma região semiárida grande parte da água é perdida por evaporação, que favorece o aumento da concentração de sais dissolvidos no meio.

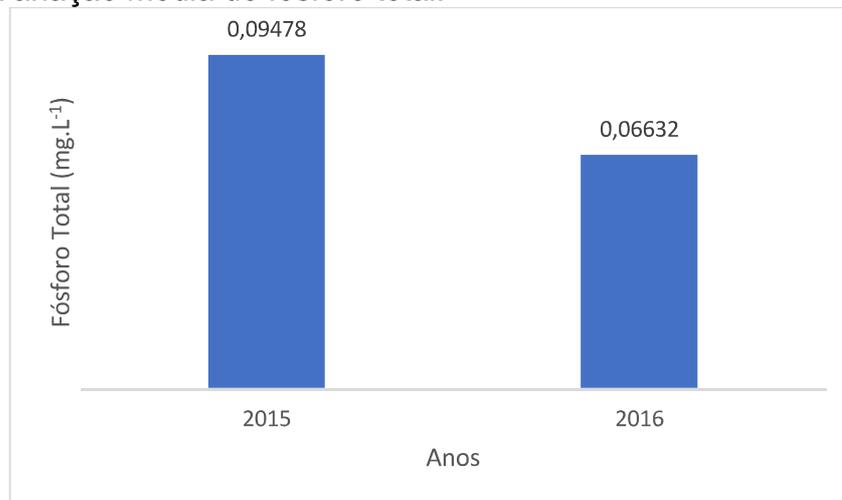
Barbara *et al.* (2010) por meio de um monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP, encontraram uma elevada variação de sólidos totais na água, sendo a concentração máxima de 3.480,00 mg.L⁻¹ em época seca. Os autores

afirmam que quando a vazão do manancial se faz menor a concentração de sólidos se eleva.

4.1.4 Fósforo Total (PT)

A Figura 14 ilustra os valores obtidos para a variação média do fósforo total, nos anos de 2015 e 2016.

Figura 14 - Variação média do fósforo total.



Fonte: Laboratório de ecologia aquática (2017).

Em ambos os anos analisados, as concentrações de fósforo total apresentaram-se superiores ao limite estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357/05 para Classe 2 para ambientes lênticos, que é de até 0,030 mg.L⁻¹.

A redução do nível de água em 2015 favoreceu o aumento da concentração dos nutrientes. Mas, como pode-se observar na Figura 14, em 2015 a concentração de fósforo total foi superior ao ano de 2016, isto porque em 2016 a ANA e a AESA, determinaram que o uso de água do açude seria restrito ao abastecimento humano e a dessedentação de animais, sendo proibida a irrigação de plantios. Com essa proibição de irrigação, não houve mais aporte de fósforo que vinha pelo uso de fertilizantes, portanto, a concentração diminuiu. Outro fator que pode ser considerado é que, as concentrações de fósforo podem ter sido influenciadas pelas características alcalinas das águas do manancial Epitácio Pessoa visto que, em corpos hídricos com elevado pH, o cálcio contribui significativamente com a precipitação do íon fosfato. Porém, mesmo a concentração diminuindo ainda assim continuou acima do permitido

pela Resolução CONAMA 357/2005. Essa concentração elevada, muito provavelmente, é consequência da descarga de esgoto sanitário, do qual o detergente presente consiste a fonte principal, contribuindo assim para a floração de algas e a aceleração no processo de eutrofização do açude.

Júnior (2009) através do estudo sobre a evolução temporal dos níveis tróficos do açude Epitácio Pessoa, atribuiu que o aporte de nutrientes no açude é resultado do lançamento de efluentes oriundo de municípios situados às margens dos rios Paraíba e Taperoá, tributários desse açude.

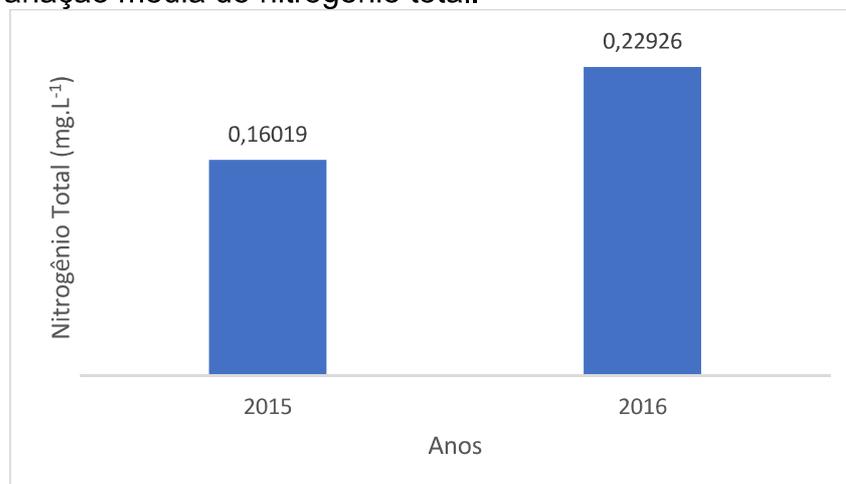
Costa e Ferreira (2015) por meio da análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas na porção mineira da bacia do rio Paranaíba, apresentaram valores elevados do parâmetro fósforo total, chegando a superar o limite estabelecido com valores quatro vezes maior, corroborando com os resultados analisados no presente estudo.

Os resultados referentes ao fósforo total devem ser compreendidos como uma medida do potencial de eutrofização, visto que este nutriente é o maior responsável do processo.

4.1.5 Nitrogênio Total

Na Figura 15 podemos observar os valores obtidos para a variação média do nitrogênio total, nos anos de 2015 e 2016.

Figura 15: Variação média do nitrogênio total.



Fonte: Laboratório de ecologia aquática (2017).

De acordo com a resolução CONAMA n° 357/2005 para águas doces Classe 1 e 2 que sejam ambientes lânticos, que é o caso do manancial Epitácio Pessoa, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização no meio o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg.L⁻¹.

Os valores médios da concentração de nitrogênio total, 0,16019 mg.L⁻¹ em 2015 e 0,22926 mg.L⁻¹ em 2016 (Figura 15) não ultrapassaram o limite permitido para a classe do manancial Epitácio Pessoa. Este fato pode ter relação direta com o pH, que como se encontra elevado favorece a conversão da amônia à forma gasosa.

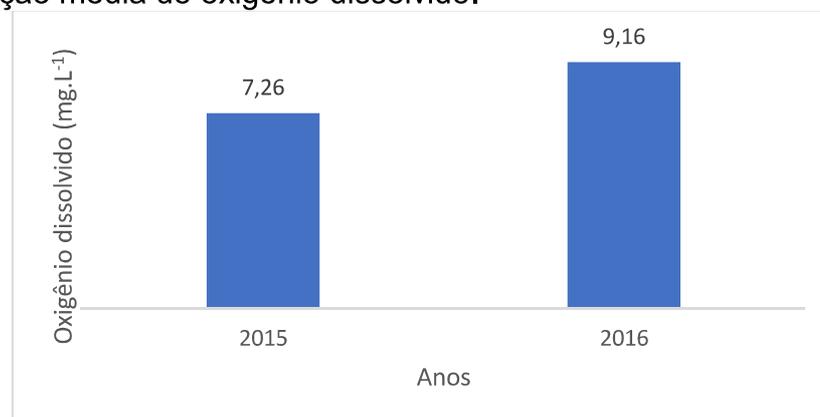
Além disso, parte da contaminação de nitrogênio total na água é proveniente de atividades agropecuárias, e como discutido anteriormente, as agências responsáveis pela gestão das águas do açude determinaram a proibição do uso da água para irrigação e nos dois anos analisados houve forte estiagem, em que o reservatório apresentou baixo volume de água. Portanto, não houve carreamento de resíduos agrícolas (fertilizantes) para dentro do manancial.

Diferentemente do fósforo total, em 2016 ocorreu um pequeno aumento da concentração média de nitrogênio total. O que fez concentrar o nitrogênio foi a evaporação intensa e a pouca água de renovação no manancial, fazendo com que em 2016 o nível de água ficasse extremamente baixo. A presença do nitrogênio total no manancial, possivelmente, também se deve a descarga de esgoto sanitário.

4.1.6 Oxigênio Dissolvido (OD)

A Figura 16 ilustra os dados obtidos para variação média do oxigênio dissolvido.

Figura 16: Variação média do oxigênio dissolvido.



Fonte: Laboratório de ecologia aquática (2017).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) ficaram de acordo com o estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para reservatórios de Classe 2. A referida resolução estabelece que, qualquer amostra, o valor seja superior a 5 mg.L^{-1} .

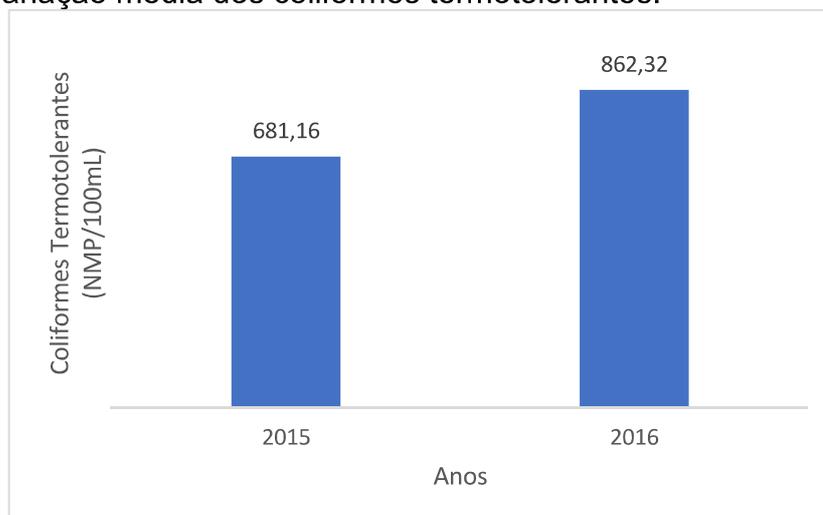
Analisando a Figura 16 pode-se observar que no ano de 2016 a concentração média de OD aumentou, esse acontecimento pode ter relação direta com a redução do nível da água do manancial que contribuiu para o aumento da concentração de nutrientes e da biomassa algal, que, por processo de fotossíntese libera oxigênio para o meio. Deve-se atentar para as rotineiras florações de cianobactérias, resultado do grande aporte de nutrientes, registrado no manancial Epitácio Pessoa, que favorece a elevação dos níveis de oxigênio dissolvido.

Este crescimento de algas ocorre em maior extensão em águas poluídas ou, mais propriamente, em águas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, especialmente os de nitrogênio e fósforo que são utilizados como nutrientes pelas algas (TEODORO; SANTOS, 2011).

4.1.7 Coliformes termotolerantes

Na Figura 17 estão ilustrados os resultados da variação média dos coliformes termotolerantes, nos anos de 2015 e 2016.

Figura 17 - Variação média dos coliformes termotolerantes.



Fonte: Cagepa (2017).

Os Coliformes termotolerantes estiveram presentes em grandes quantidades na água do manancial Epitácio Pessoa, apesar de não ultrapassar 1000 NMP/100 mL, limite máximo permitido estabelecido pela resolução do CONAMA nº 357/2005 (Figura 17). Quanto a balneabilidade, a Resolução CONAMA nº 274/00 caracteriza o corpo d'água analisado como padrão satisfatório, podendo assim ser destinado à recreação de contato primário, ou seja, atividades de contato direto do usuário com o açude, como por exemplo, as atividades de mergulho e natação.

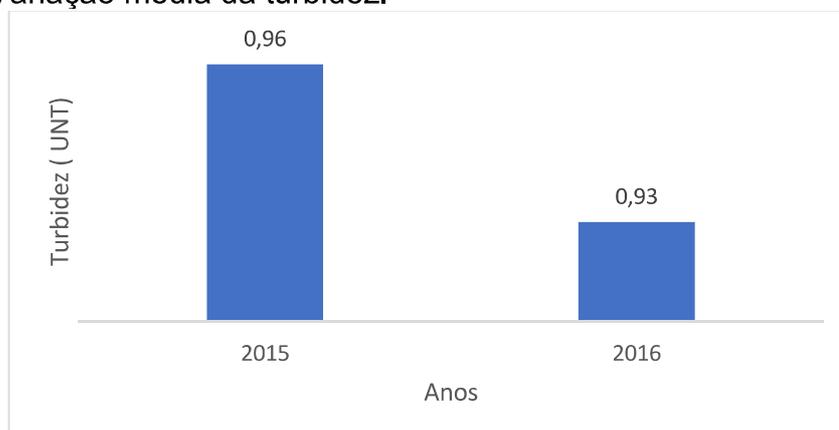
A existência de coliformes nas águas não apresenta problemas à saúde, porém é um indicador de possível presença de fezes e de outros organismos patogênicos presentes nas fezes, que transmitem doenças como a febre tifóide e paratifóide, diarreias, cólera, hepatite (TEODORO; SANTOS, 2011).

Como pode-se observar a partir dos dados da AESA nos anos de 2015 e 2016 o volume de água do açude ficou muito baixo, chegando à 4,8% da capacidade em dezembro de 2016. Segundo Júnior e Sousa (2014) por estar localizado numa região de clima quente e seco, com o menor índice pluviométrico do país, o manancial é bastante vulnerável às mudanças climáticas, logo subentende-se que não houve fortes precipitações durante esses anos e retira-se a possibilidade de que os coliformes presentes tivessem sido carreados pelas chuvas, o que nos permite inferir que o alto valor de coliformes se deve ao aporte de esgoto doméstico no açude.

4.1.8 Turbidez

A Figura 18 ilustra dados da variação média da turbidez, nos anos de 2015 e 2016.

Figura 18 - Variação média da turbidez.



Fonte: Cagepa (2017).

O parâmetro turbidez está relacionado com o grau de interferência que a luz sofre ao atravessar a água, sendo promovida pelo material em suspensão e coloidal. Valores elevados de turbidez ocorrem particularmente em regiões com solos mais propensos à erosão, onde as precipitações são capazes de carrear partículas de areia, argila, silte e pedaços de rochas (LIBÂNIO, 2010). Além disso, um valor alto deste parâmetro também ocorre devido a poluição presente no corpo d'água por meio de descartes domésticos e industriais.

Os valores médios obtidos para o parâmetro turbidez (Figura 18) foram 0,96 UNT no ano de 2015 e 0,93 UNT no ano de 2016, apresentaram conformidade com a Resolução nº 357/2005 do CONAMA que estabelece limite máximo de 100 UNT para águas doces de Classe 2.

Como pode-se observar, mesmo o manancial estando em condições de “volume morto” os valores de turbidez estiveram extremamente baixos, esse fato pode ser justificado devido a maior concentração de sólidos totais presentes não serem suspensos, mas sim dissolvidos. Segundo Penedo (2015) dos processos hidrológicos atuantes em uma bacia hidrográfica, a precipitação pluvial é o que apresenta maior influência na geração de turbidez, em função do aporte de material que é carregado pelas chuvas para dentro do reservatório, e como discutido anteriormente durante o período de anos analisados foram baixos os índices pluviométricos na região do manancial Epitácio Pessoa.

Outro fator que justifica a baixa turbidez, é que a partir de julho de 2016 as águas do manancial começaram a serem captadas através de um sistema de bombas flutuantes, ou seja, águas da superfície que apresentam menor turbidez

Barreto *et al.* (2014) analisaram a relação entre a vazão e qualidade da água em seção transversal do rio Catolé Grande-BA e registraram baixos valores de turbidez, o valor mais baixo de turbidez foi quando se tinha a menor vazão de água, observaram que ocorre tendência do aumento da turbidez com o aumento da vazão. Este comportamento pode ser justificado devido ao fato que em épocas de cheias, as partículas de solo são carregadas para os reservatórios superficiais.

4.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio

Em virtude da ausência de dados de DBO foi adotado o valor máximo de 5 mg.L⁻¹ permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para corpos hídricos de água

doce enquadrados como Classe 2 para os dois anos de estudo. Adotou-se o valor máximo devido as condições que o manancial se encontra já que o mesmo está eufrofizado, com uma gradativa concentração de matéria orgânica acumulada presente.

4.2 RESULTADO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA

Para avaliar se houve mudança na qualidade da água do manancial Epitácio Pessoa foi calculado o valor do IQA, correspondente aos anos de 2015 e 2016. No Quadro 6 são apresentados os valores de IQA nos respectivos anos, calculados com base nos parâmetros medidos e a classificação da qualidade da água utilizada pela CETESB tendo como base o Quadro 3.

Quadro 6 - Índice da qualidade da água (IQA).

Ano	IQA Médio	Categoria CETESB
2015	44,74	Regular
2016	44,99	Regular

Fonte: Autor (2017).

O objetivo principal do índice de qualidade das águas é interpretar os parâmetros de qualidade de um corpo hídrico por meio de nota de classificação, de forma simples, para que o público não técnico possa compreender. Os resultados de IQA, apresentados no Quadro 6, mostram que o manancial Epitácio Pessoa está classificado em ambos os anos como regular segundo a categoria apresentada pela CETESB.

O IQA sendo classificado como regular, mostra que apesar da água poder ser utilizada para abastecimento depois do devido tratamento, considera-se em fase de alerta já que estes resultados estão próximos ao limite inferior de mudança para a classificação ruim, portanto é importante que os órgãos gestores tomem as providências necessárias para que ocorra o controle e o gerenciamento dos recursos hídricos, com objetivo de melhorar a qualidade da água do manancial.

Para reconhecimento dos parâmetros que representaram maior impacto na classificação de cada IQA_{CETESB} foi obtida a curva ABC no *software* IQAdata para os

anos de 2015 e 2016, em que cada parâmetro analisado é classificado em ordem decrescente, em função do percentual de nota que perderam. Em ambos os anos os parâmetros coliformes termotolerantes e pH foram os que representaram maiores impactos negativos, com influência entre 25 e 50% em todas as amostragens.

Já o parâmetro que contribuiu positivamente no resultado final dos IQAs foi o oxigênio dissolvido. Os altos valores de pH analisados no manancial Epitácio Pessoa provavelmente estão associados à elevada dureza da água, o que é preocupante já que alguns estudos mostram que águas duras (concentrações entre 100 e 200 mg.L⁻¹ de CaCO₃) favorecem ou estão ligadas com doenças renais, hipertensão arterial e problemas cardíacos (ABDALLA *et al.*, 2010).

Como o IQA_{NSF} é um dos índices de qualidade da água mais utilizados no Brasil e tem o intuito de avaliar a qualidade da água bruta por meio do ponto de vista da degradação por lançamento de efluentes, foi realizado um comparativo de valores para analisar a qualidade de acordo com as diferentes faixas de classificação. Estes IQAs são diferentes pelo uso de alguns parâmetros distintos, e principalmente pelos diferentes pesos fixados para cada parâmetro. No IQA_{NSF} os parâmetros que possuem maior peso são coliformes termotolerantes e DBO refletindo, portanto, contaminação por ações antrópicas, tais como esgoto doméstico, resíduos industriais ou agropecuários, enquanto que o IQA_{CETESB} atribui maior peso para os parâmetros pH e sólidos totais. Com auxílio do IQA_{Data} e tendo como base os parâmetros medidos e avaliados pela NSF foi obtido o resultado de IQA de 31,03 para o ano de 2015 e de 30,60 para 2016. Utilizando as faixas de classificação estabelecidas para a aplicação do IQA_{NSF}, os IQAs para o manancial Epitácio Pessoa ficaram na faixa de $25 < \text{IQA} \leq 50$, conforme pode ser observado no Quadro 7, em que estariam classificados como IQAs - Ruins.

Quadro 7 - Classificação da qualidade de água segundo a *National Sanitation Foundation*.

Faixa de IQA	Classificação NSF
$90 < \text{IQA} \leq 100$	Excelente
$70 < \text{IQA} \leq 90$	Bom
$50 < \text{IQA} \leq 70$	Médio
$25 < \text{IQA} \leq 50$	Ruim
$0 < \text{IQA} \leq 25$	Muito ruim

Fonte: Adaptado de (NSF, 2007).

Avaliando as classificações dispostas no Quadro 7, é incontestável que o mesmo conjunto de dados amostrais fornecem informações bastante distintas quando definidas através dos índices. Por meio da metodologia proposta pelo o IQA_{CETESB} e o IQA_{NSF} os resultados referentes aos dois anos representam uma qualidade de água considerada regular-ruim, respectivamente.

Como pode-se observar, o mesmo valor de IQA que classificaria uma água como regular pela CETESB geraria uma classificação ruim pela NSF. Com isso, subentende-se que as exigências de qualidade da água internacional são maiores do que as exigências nacionais.

A avaliação da qualidade de água feita pelo IQA apresenta algumas limitações, visto que este índice não considera parâmetros que são importantes para o abastecimento público, como metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água, número de células de cianobactérias e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial (CETESB, 2008). Os parâmetros que compõem o IQA_{CETESB} refletem a poluição causada pelo lançamento de esgoto sanitário, desprezando, por exemplo, parâmetros que representam poluição por efluentes industriais.

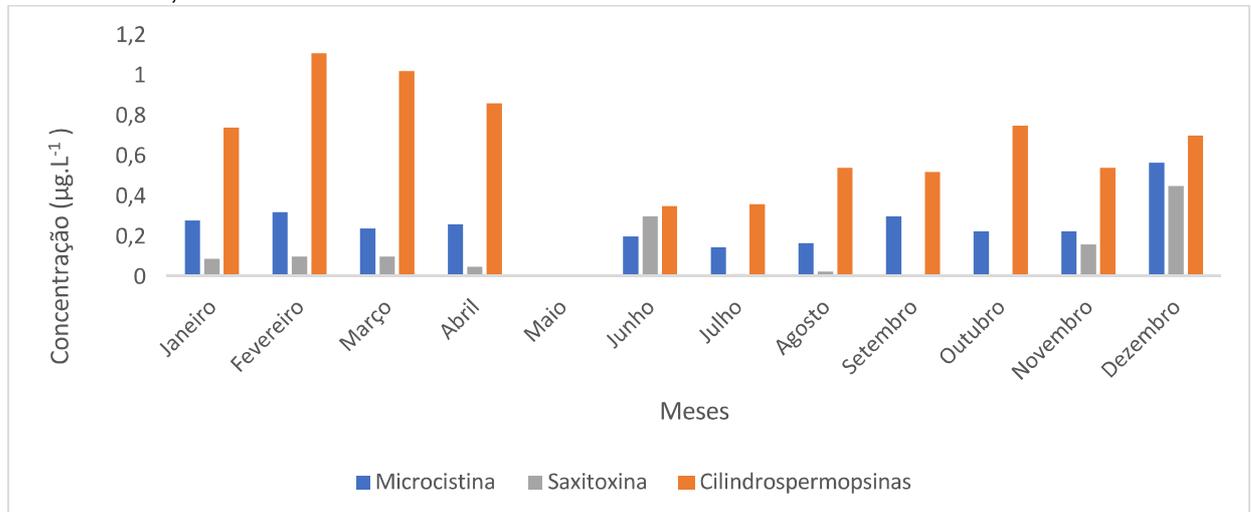
Além disso, o IQA também não leva em conta a situação atual com que cada manancial se encontra, como no caso do manancial Epitácio pessoa. Um dos problemas atuais devido a drástica redução do volume de água, é o crescimento do número de células de cianobactérias. Como o manancial encontra-se eutrofizado, com elevadas concentrações de nutrientes principalmente o fósforo, acaba favorecendo o aumento de florações de cianobactérias que são preocupantes, já que tem grande possibilidade de algumas espécies liberarem substâncias tóxicas para a água com efeitos adversos a saúde. Em algumas situações, as toxinas presentes são capazes de permanecer na água mesmo depois de passar pelo tratamento de água bruta, o que pode intensificar seus efeitos crônicos.

Torquato (2012) analisou as ocorrências de cianobactérias em reservatórios de bacias hidrográficas do Estado da Paraíba, inclusive do manancial Epitácio Pessoa, e concluiu que a floração de cianobactéria é um problema bastante frequente nas bacias hidrográficas da Paraíba. Além da exposição por causa de ingestão da água contaminada com cianotoxinas outro meio de contaminação se dá através do consumo de peixes, visto que microcistinas podem acumular nos tecidos desses animais.

Um laudo feito pelo laboratório de biologia aquática da Universidade Estadual da Paraíba, mostrou que houve um aumento de 20 mil células de cianobactérias por mL, no ano de 2015, para 100 mil células por mL, no final do ano de 2016. A ocorrência desta intensa floração de cianobactérias no Epitácio Pessoa é consequência do baixo nível de água armazenado e também devido ao aumento das concentrações de fósforo e nitrogênio presentes.

Apesar deste aumento, a análise mostrou que grande parte das toxinas produzidas pelas cianobactérias no ponto de captação das águas em 2016 permaneceram abaixo do índice permitido pela Portaria do MS nº 2914/2011 que determina valor máximo de microcistina e cilindrospermopsinas de $1 \mu\text{g.L}^{-1}$, já a saxitoxina de $3 \mu\text{g}$ equivalente STX/L, apenas em fevereiro e março a concentração média de cilindrospermopsinas superou este limite estabelecido, conforme pode-se observar na Figura 19. No entanto, essas são as principais e mais perigosas toxinas produzidas pelas cianobactérias que podem causar graves problemas a saúde dos consumidores, portanto deve-se ter maiores atenções.

Figura 19 – Concentração média mensal de cianotoxinas no manancial Epitácio Pessoa-PB, durante o ano de 2016



Fonte: Adaptado a partir de dados da Cagepa e do laboratório de ecologia aquática.

A chegada das águas da transposição do Rio São Francisco ao manancial Epitácio Pessoa no dia 18 de abril de 2017 foi a principal forma de impedir que a população fosse contaminada por toxinas causadas por cianobactérias, que estavam se proliferando conforme o volume de água diminuía.

A ANA e a AESA, por meio da Resolução Conjunta ANA-AESA nº 1.397/2016 fixaram novas regras de uso e monitoramento dos recursos hídricos do reservatório

Epitácio Pessoa. A Resolução determinou no artigo 2º que a operadora dos Sistemas Cariri e Campina de Grande – Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) – monitorasse a qualidade da água no ponto de captação, observando o disposto na Portaria nº 2.914/2011, do Ministério da Saúde, com ênfase no monitoramento de cianobactérias e cianotoxinas no manancial.

Outro problema que tem afetado a qualidade do manancial Epitácio Pessoa, que também não foi levado em consideração para o cálculo do IQA, são as altas concentrações de sais presentes. Por estar localizado em uma região semiárida quente, com o menor índice pluviométrico do país, o manancial é vulnerável as variações climáticas, logo grande parte da água é perdida por evaporação, favorecendo então no processo de salinização progressiva. O aumento da concentração de sais dissolvidos na água é capaz de influenciar direta ou indiretamente alguns dos seus múltiplos usos, podendo chegar a se tornar inviável.

Portanto, para um maior conhecimento a respeito das particularidades de uma água o IQA não deve ser considerado de forma isolada, já que não considera em seu cálculo a influência de parâmetros importantes de qualidade. É necessário que os órgãos responsáveis pela gestão das águas, como por exemplo a ANA, realizem modificações no IQA para que sejam analisados todos os aspectos que possam comprometer a qualidade da água. Apesar disto, o IQA é capaz de funcionar como alerta para uma melhor e mais frequente investigação do estado real das águas do manancial Epitácio Pessoa.

5 CONCLUSÕES

Nos anos analisados houve uma drástica redução do volume armazenado no manancial Epitácio Pessoa, isto influenciou diretamente na qualidade da água. A análise dos parâmetros que compõem o IQA permitiu verificar a existência de alguns destes que não estão dentro dos padrões estabelecidos pela resolução CONAMA n° 357/2005 para rios de Classe 2, com águas destinadas ao abastecimento humano. Pode-se concluir que o manancial está sendo afetado por atividades antrópicas, tendo suas águas classificadas como regular a ruim, comprometendo a qualidade para diversos usos.

Dos parâmetros que foram analisados nesse estudo o pH e os coliformes termotolerantes devem receber atenção especial, tendo em vista que estes parâmetros apresentaram valores muito acima do limite máximo permitido.

A avaliação feita pelo IQA apresentou algumas limitações visto que não leva em consideração alguns parâmetros que causam intensos impactos negativos na água, como por exemplo salinidade, número de células de cianobactérias, metais pesados e compostos orgânicos com potencial mutagênico. Portanto, fica evidente que o Índice de Qualidade de Água não deve ser analisado isolado, devido suas limitações, porém podem servir como instrumentos de tomadas de decisões para que ocorra um maior controle na qualidade da água.

Com base no que foi afirmado acima, há necessidade que ocorra monitoramento pelos órgãos gestores, de forma contínua no manancial Epitácio Pessoa. Para tanto, indica-se que as análises para averiguação da qualidade de água sejam realizadas semanalmente.

É necessário que algumas metas mitigadoras sejam estabelecidas, para que ocorra redução da poluição hídrica. Uma das ações que podem ser feitas é trabalhar a educação ambiental com toda a população abastecida pelo manancial, visto que a degradação, o desperdício e escassez tem tornado a necessidade à reflexão sobre o uso da água, por meio da educação ambiental, pode-se buscar construir novas atitudes, estimulando mudanças de hábitos e comportamentos para garantir uma água de boa qualidade para o uso atual como também das gerações futuras.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, K. V. P., Cavalcante, P. R. S., Neto, J. P. C., Barbieri, R., & de Mesquita Neto, M. C. Avaliação da dureza e das concentrações de cálcio e magnésio em águas subterrâneas da zona urbana e rural do município de Rosário-MA. In: Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 16, 2010. São Paulo: **Anais...** São Paulo, 2010.

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA – AESA. **Geo Portal Aesa** Disponível em: <http://geo.aesa.pb.gov.br/>. 22/03/2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**, Agência Nacional de Águas, Brasília: ANA, 2006, 23 p, 37p, 40p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos**, 2013, p. 45. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html. Acesso em 01/02/2017

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Resolução conjunta ANA/AESA nº 1.397, de 21 de novembro 2016**. Estabelece condições especiais de uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no reservatório Epitácio Pessoa (Boqueirão) a na bacia hidráulica e procedimentos pertinentes.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: **Portal da Qualidade das Águas**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/>. Acesso em 01/02/2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: **Portal: Capacitação para a Gestão das Águas**. Curso: Plano de Recursos Hídricos e Enquadramento dos Corpos de Água, 2017

ALMEIDA, Jaqueline Colvara de. **Avaliação do Índice de Qualidade da Água na lagoa dos Patos**. 2013. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água. **Revista da Biologia**, São Paulo, v. 5, n. 2, p.16-19, dez. 2010

ARAÚJO, Lincoln Eloi de. **Vulnerabilidade socioeconômico e ambiental das comunidades do entorno do açude Epitácio Pessoa-Boqueirão**. 2013.

AZZOLINI, M.T.; GÜNTHER, W.M. Impactos na Saúde das deficiências de acesso a Água. **Saúde e Sociedade**. São Paulo, v.17, n.1, p.21-32, 2008.

BÁRBARA, Viníciu Fagundes et al. Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP. **Revista Biociências**, v. 16, n. 1, 2010.

Barreto, L. V., de Souza Fraga, M., Barros, F. M., Rocha, F. A., da Silva Amorim, J., de Carvalho, S. R., Silva, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio/Relationship between stream flow and water quality in a river section. **Revista Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 118, 2014.

BASSOI, L. J. (2005). **Poluição das Águas**. In: PHILIPPI JR., A.; PELICIONI, M. C. F. Educação Ambiental e sustentabilidade (p. 175-193). Barueri: Manole, 2005.

BASSOI, L. J.; GUAZELLI, M. R. **Controle Ambiental da água**. In: PHILIPPI Jr, A.; ROMÉRO, M. de A.; BRUNA, G. C. Curso de Gestão Ambiental. Barueri: Manole, 2004. p. 53-99.

BELLO, Fábio Henrique; GUANDIQUE, Manuel Enrique Gamero. Diagnóstico ambiental do meio aquático do rio Ipanema, Sorocaba/SP. **Holos Environment**, v. 11, n. 2, p. 94-105, 2011.

BORBA, Natacha Zanghelini; BAYER, Diego Augusto. A água como bem jurídico econômico. **Temiminós Revista Científica**, v. 5, n. 1, p. 96-110, 2015.

BOYACIOGLU, Hülya. Utilization of the water quality index method as a classification tool. **Environmental monitoring and assessment**, v. 167, n. 1, p. 115-124, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre a qualidade das águas de balneabilidade e altera o disposto na resolução CONAMA nº 20, de 18 de julho de 1986. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, Seção 1, 2001.

BRASIL. Decreto-Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República.

BRASIL. Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas — ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 17 de julho de 2000, 179ª da Independência e 112ª da República.

BRASIL, Portaria MS. no. 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo e seu padrão de potabilidade, 2011.

BRASIL. Resolução 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. Brasília 16 de maio de 2011. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 25 de abr. de 2017.

BRITO, F.B. **O conflito pelo uso da água do açude Epitácio pessoa (boqueirão)** – PB.2008. Dissertação - Programa de Pós Graduação em Geografia – PPGG, do Centro de Ciências Exatas e da Natureza – CCEN, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB. 2008

BRITO, Franklyn Barbosa; VIANNA, Pedro Costa Guedes. Conflito pelo uso da água do açude Epitácio pessoa- PB.In: SEMILUSO - SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO AGRICULTURA FAMILIAR E DESERTIFICAÇÃO, 2,2008. **Anais...** João Pessoa, 2008.

CAGEPA, Companhia de Água e Esgotos da Paraíba. Qualidade da água. Disponível em: http://www.cagepa.pb.gov.br/qualidade/list_analises_publico.php

CAMPOS, Bruno Ribeiro et al. Toxicidade aguda da amônia, nitrito e nitrato sobre os juvenis de camarão-rosa *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817)(Crustacea: Decapoda). **Atlântica (Rio Grande)**, v. 34, n. 1, p. 75-81, 2012.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo**. São Paulo: Cetesb, 2008.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. **Índice de Qualidade da água (IQA)**. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/02.pdf>> Acesso em: 10 Março 2017.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado São Paulo- **Relatório De Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo**. São Paulo: CETESB. 2004. 264 p.

COSTA, Fernando Barbosa; FERREIRA, V. O. Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade das águas (IQA) na porção mineira da bacia do rio Paranaíba. **Observorium**, v. 7, p. 22-47, 2015.

CRUVINEL, Karla Alcione da Silva. **Avaliação da variabilidade de qualidade ambiental de bacias de mananciais de abastecimento público com a aplicação de um índice para o estado de Goiás**. 2016. 128 f. Programa de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás, Goiás, 2016.

DA SILVA, Ana Paula Castro et al. Monitoramento da variação de oxigênio dissolvido ao longo do rio gontan-rs. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 2017.

DANELON, Jean Roger Bombonato; DA LUZ NETTO, Fausto Miguel; RODRIGUES, Silvio Carlos. Análise do nível de fósforo total, nitrogênio amoniacal e cloretos nas águas do córrego Terra Branca no município de Uberlândia (MG). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 412-421, 2016.

DEBERDT, A. J. **Qualidade de água**. 2002 Disponível em <http://educar.sc.usp.br/biologia/prociencias/qaqua.htm> . Acesso em 28 março. 2017.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. **Barragem Epitácio Pessoa**.2005. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/barragens/boqueirao/boqueirao.htm>. Acesso em 12 Fevereiro 2017.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998, 602p

FARIAS, André Aires de et al . Secas e seus impactos no município de Boqueirão, PB, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté , v. 12, n. 2, p. 316-330, Apr. 2017 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000200316&lng=en&nrm=iso>. access on 30 Mar. 2017

FREITAS, Halana Mara Barabacz. **Aplicação do controle estatístico do processo na análise da qualidade da água da bacia do Rio Mourão**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FREITAS, Marcelo Bessa de; BRILHANTE, Ogenis Magno; ALMEIDA, LM de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cad Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-60, 2001.

GADELHA, Francisca Jucileuza Sousa et al. Verificação da Presença de Nitrito em Águas de Consumo Humano da Comunidade de Várzea do Cobra em Limoeiro do Norte–Ce. **Reunião anual da SBPC**, v. 57, 2015.

GOMES, Jésus de Lisboa; BARBIERI, José Carlos. **Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública**, 2004. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-9512004000300002. Acesso em: 22/02/2017 (documento on-line).

GOVEIA, D., Rebelo, A., Loro, A. P., Sasso, G. D., Da Rocha, T. N. F., Dompieri, T. P., Carlos, V. M. Uso de índices de qualidade para avaliação da água em ambiente lântico/use of quality index for evaluation of water in lentic environment. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 8, n. 2, p. 104-111, 2014.

GRANZIERA, M.L.M. Direito de Águas: disciplina jurídica de águas doces. **Atlas**. São Paulo. 245 p, 2001

GUIVANT, Júlia Silva; JACOBI, Pedro Roberto. Da hidro-técnica à hidro-política: novos rumos para a regulação e gestão dos riscos ambientais no Brasil. **Cadernos de Pesquisa Interdisciplinar em Ciências Humanas**, v. 4, n. 43, p. 2-26, 2003.

HESPAHOL, I. **Manejo integrado dos recursos hídricos**. In: TUCCI, C.E.M. Gestão da água no Brasil. Cap. 2. Brasília. Ed. Unesco p27-39. 2001.

JACOBI, P. R. **Políticas sociais e ampliação da cidadania**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 152 p. 2000.

JACOBI, P. R., & BARBI, F. (2007a). Democracia e participação na gestão dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Katálysis**, 10(2), 237–244.

JESUS SANTOS, Valdex; OLIVEIRA, Francisco Bruno Souza; PALMEIRA, Eduardo Silva. Contribuição individual dos parâmetros de qualidade da água para o IQA do Rio Cachoeira, região sul da Bahia. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 4, n. 2, p. 252-259, 2016.

JUNIOR, Antonio Guedes Rangel; SOUSA, Cidoval Moraes. **Campina Grande hoje e amanhã**. 2014. 2ªed. Campina Grande. 2014

JUNIOR, P.B.N. **Breves anotações acerca da efetividade da lei da política nacional de recursos hídricos diante da crise hídrica**. 2016. 31f Trabalho de conclusão de curso. Campina Grande. 2016.

JUNIOR, R.J.A. **Evolução temporal dos níveis tróficos do açude Epitácio Pessoa, semi-árido paraibano**. 2009. 71f. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande. 2009.

LANNA, Antonio Eduardo. A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 113-130, 2008.

LEEUWESTEIN, J. M. **Proposição de suporte metodológico para enquadramento de cursos de água**, 2000. xv, 201p. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, 2000.

LEITE, Dilza Aparecida de Nalin de Oliveira et al. Avaliação dos parâmetros do índice de qualidade de água segundo o modelo ARIMA. **Holos Environment**, p. 24-39, 2013.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3ª. ed. Campinas: Átomo, 2010. 494 p

LOURENÇO, Joaquim Carlos et al. Aspectos Hidrológico-Climáticos Que Devem Ser Considerados Para Uma Gestão Eficaz Do Açude Epitácio Pessoa-Boqueirão. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, n. 2014-02, 2014.
LUCENA, Rebecca Luna; DE FÁTIMA MENEZES, Maria; SASSI, Roberto. Qualidade da água de reservatórios nas distintas zonas climáticas da Paraíba. **Revista de Geografia da UFC**, ano 07, número 14, 2008. p.87-97

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Direito Brasileiro e Internacional**. 22. ed. rev., ampl. e atual. São Paulo: Malheiros, p.26, 2002.

MACIEL, A. D. C., Yonekubo, F., Oliveira Filho, P. C. D., & Rios, É. M. Gerenciamento espacial do monitoramento da qualidade da água para abastecimento público da cidade de Irati/PR. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 6, n. 1, p. Páginas 92-101, 2014.

MATTHIENSEN, A. M., Mulinari, M. M., Feruck, M. F., Tessmann, E. T., & Rocha de Miranda, C. R. D. M.. Monitoramento e diagnóstico da qualidade da água do rio dos Queimados. IN: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos concórdia, SC. Brasília, 2015. **Anais...** Brasília, 2015

MEDEIROS, B. M., MEDEIROS, C. M., SILVINO, G. S., & DE ARAGÃO, R. Avaliação temporal do volume armazenado no açude Epitácio Pessoa (boqueirão) no semiárido paraibano, IN: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. 2015. **Anais...** Fortaleza, 2015.

MEDEIROS, Camila Macedo, RIBEIRO. Marcia Rios, LIMA, Ubajara Duarte, BARBOSA, Dayse Luna, ALBUQUERQUE, José do Patrocínio Tomaz. Aspectos legais do enquadramento de águas superficiais e subterrâneas. In: X Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 10, 2010. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2010.

MENDES, Thiago Augusto; FAGUNDES, Anne Karuline Barros; PEREIRA, Tatiane Souza Rodrigues. Classificação preliminar de corpos d'água com base na resolução CONAMA nº 357/2005: Caso do rio Meia Ponte-GO. **Ciência e Natura**, v. 38, n. 3, p. 1382-1393, 2016.

MENESES, Ronaldo Amâncio. **Diagnóstico operacional de sistemas de abastecimento de água: o caso de Campina Grande**. 161f, 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2011.

MÜLLER, Luana Rigquete; PARUSSOLO, Leandro. Qualidade microbiológica da água utilizada para consumo em escolas municipais de Mamborê, Paraná. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 9, n. 1, p. 95-99, 2014.

MS - Ministério da saúde. **Vigilância e controle da qualidade de água**. 2017. Disponível em:

http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua. Acesso em: 25/03/2017

OLIVEIRA, Alexandre José et al. Coliformes Termotolerantes: bioindicadores da qualidade da água destinada ao consumo humano. **Atas de Saúde Ambiental-ASA**, v. 3, n. 2, p. 24-29, 2015.

PEDRAZZI, F. J. D. M., Conceição, F. T. D., Sardinha, D. D. S., Moschini-Carlos, V., & Pompêo, M Avaliação da qualidade da água no reservatório de Itupararanga, Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Geociencias**, 2014.

PENEDO, PHS. **Relação entre Precipitação e Turbidez em Cursos D Água no Espírito Santo**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

RAZZOLINI, Maria Tereza Pepe, Günther, W. M. R. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

RÊGO, Fernanda Laysa Maria. **Avaliação dos impactos ambientais no reservatório Encanto RN**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

RESENDE, A. V. **Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato**. Embrapa Cerrados, 2002.

RIBEIRO, Maria Cláudia Martins. NOVA PORTARIA DE POTABILIDADE DE ÁGUA: Busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil. **Revista DAE- SABESP**. São Paulo, Nº 189 - Maio/Agosto 201,p.9-10.

RHEINGANS, R.; DREIBELBIS, R.; FREEMAN, M. C. Beyond the Millennium Development Goals: public health challenges in water and sanitation. **Global Public Health**, v. 1, n. 1, p. 31-48, 2006.

ROCHA, Altemar Amaral; VIANNA, Pedro Costa Guedes. **A bacia hidrográfica como unidade de gestão da água**. IN: SEMILUSO - SEMINÁRIO LUSO-BRASILEIRO AGRICULTURA FAMILIAR E DESERTIFICAÇÃO, 2.,2008. João Pessoa, 2008. Disponível em: www.geociencias.ufpb.br/leppan/gepat/files/gepat022.

SANTANA, Neuma Figueiredo. R., Aguiar Neto, A. O., da Silva, M. G., & Borges Garcia, C. A. Índice de qualidade da água nas nascentes do rio Piauitinga-SE por análise multivariada e o uso na irrigação-[doi: 10.7127/rbai.v10n600441](https://doi.org/10.7127/rbai.v10n600441). **Revista brasileira de agricultura irrigada-rbai**, v. 10, n. 6, p. 999–1010, 2017.

SANTILLI, Juliana. A Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97) e sua Implementação no Distrito Federal. **Revista da Fundação Escola Superior do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios**. Ano 9, V. 17, p. 144 – 179, jan./jun. 2001

SILVA, Ana Cristina Lourenço, Soares, F. G., Lima, G. S. A. D., Teixeira Jr, R. G. A., Silva, R. G. L. D., & Maurício, R. G Avaliação de mananciais usados em sistemas de abastecimento de água: estudos de caso. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 21ª Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental**, 4. ABES, 2001. p. 1-8.

SILVA et.al A gestão de recursos hídricos na visão midiática- o caso do açude Epitácio Pessoa/Boqueirão-PB, In: XII Simpósio de recursos hídricos do nordeste, 12., 2014, Natal. **Anais...** Natal, 2014.

SILVA, Joelkuison Alves. **Aplicação de indicadores ambientais para o cálculo do IQA (Índice de Qualidade da Água) em zona urbana de Manaus**. 2016. 65f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade do Amazonas, Manaus - 2016.

SILVEIRA, Alzenia Menezes. **Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe usando análises multivariadas de dados**. 2014, 121f. Dissertação (Mestrado em recursos hídricos). Universidade federal de Sergipe, São Cristovão, 2014.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento. **Diagnósticos de água e Esgoto**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/index.php> . Acesso em Maio. 2017

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 2005.

SUASSUNA; João. **A má distribuição da água no Brasil**. Disponível em: <http://reporterbrasil.org.br/2004/04/b-artigo-b-a-ma-distribuicao-da-agua-no-brasil/> Acesso em: 25 de janeiro 2017.

TEODORO, Patrícia Ferreti; SANTOS, Ariodari Francisco. Qualidade da água da bacia do Rio das Pedras–Guarapuava (PR), baseado nos parâmetros que definem o Índice de Qualidade da Água (IQA). **Revista Guairacá**, v. 25, n. 1, 2011.

TORQUATO, Kathyúcia Câmara. **Ocorrências de cianobactérias em reservatórios de bacias hidrográficas do Estado da Paraíba**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia ambiental) – UEPB- Campina Grande.2012.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de Água**. 3ª ed. São Paulo – SP: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Relatório mundial das Nações Unidas sobre o desenvolvimento dos recursos hídricos**. Água para um mundo sustentável. WWRD. 2015b. 08 p.

VIEIRA, Z. M. de C. L. **Metodologia de Análise de Conflitos na Implantação de Medidas de Gestão da Demanda de Água**. 2008. 237f. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à Qualidade das Águas e ao tratamento de esgoto**. 3ª ed. Belo Horizonte – MG: Editora da UFMG, 2005. 452p

VON SPERLING. Princípios básicos do tratamento de esgotos. In: **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. 1996.

WEINBERG, Ágatha. **Uso de índices de qualidade de água para a caracterização da bacia hidrográfica do Rio Guandu**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

