



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO (UFPE)

CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE (CAA)  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA (NT)  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

JOSÉ WEBERTON SILVA SANTOS

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA  
ÁGUA DA BARRAGEM DO PRATA, ÁGUA BRUTA RESPONSÁVEL PELO  
ABASTECIMENTO DA CIDADE DE CARUARU-PE**

Caruaru - PE

2018

JOSÉ WEBERTON SILVA SANTOS

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA  
ÁGUA DA BARRAGEM DO PRATA, ÁGUA BRUTA RESPONSÁVEL PELO  
ABASTECIMENTO DA CIDADE DE CARUARU-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso,  
apresentado à Universidade Federal de  
Pernambuco (UFPE), como requisito  
parcial para obtenção do grau de bacharel  
em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.

Caruaru - PE

2018

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S237a Santos, José Weberton Silva.  
Análise dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água da Barragem do Prata, água bruta responsável pelo abastecimento da cidade de Caruaru – PE. / José Weberton Silva Santos. – 2018.  
68 f. il. : 30 cm.

Orientador: Anderson Luiz Ribeiro de Paiva.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2018.  
Inclui Referências.

1. Água - Qualidade. 2. Recursos hídricos. 3. Água - análise. 4. Agreste (PE). I. Paiva, Anderson Luiz Ribeiro (Orientador). II. Título.

CDD 620 (23. ed.)

UFPE (CAA 2018-302)

JOSÉ WEBERTON SILVA SANTOS

**ANÁLISE DOS PARÂMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA  
ÁGUA DA BARRAGEM DO PRATA, ÁGUA BRUTA RESPONSÁVEL PELO  
ABASTECIMENTO DA CIDADE DE CARUARU-PE**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à coordenação do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste-CAA, da Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

A banca examinadora, composta pelos professores abaixo, considera o candidato **APROVADO**.

Caruaru, 03 de setembro de 2018.

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Dr. Anderson Luiz Ribeiro de Paiva: \_\_\_\_\_

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Profª Dra. Elisabeth Amaral Pastich Gonçalves: \_\_\_\_\_

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Profª Dra. Leidjane Maria Maciel de Oliveira: \_\_\_\_\_

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Avaliadora)

Prof. Dr. Elder Alpes de Vasconcelos: \_\_\_\_\_

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenador da disciplina de TCC)

## **AGRADECIMENTOS**

À minha mãe, Maria de Fátima Silva, por todo o seu amor, esforço e dedicação para com os seus filhos, permitindo-os que tenham uma educação escolar de qualidade, direito este que lhe foi negado quando mais jovem. Minha guerreira.

Aos meus familiares e amigos que acreditaram, acreditam e sempre acreditarão em meu potencial.

Ao meu orientador, professor Anderson Paiva, por seu suporte, incentivos e correções; além de ser um excelente professor e profissional comprometido com a educação deste país.

À professora Elizabeth Pastich, por sua dedicação e conselhos, além de sua forma de simplificar situações que, ao meu ver, eram complexas.

Ao meu colega de curso e amigo, Joelithon Costa, sempre muito solícito, quando precisei fazer as análises no LEA.

Ao Sr. Marcos, técnico da COMPESA, por me permitir efetuar as coletas com ele, e compartilhar um pouco do seu vasto conhecimento.

À UFPE, seu corpo docente, direção e administração por todo o seu empenho, me proporcionando uma educação de qualidade, e me capacitando para poder atingir voos mais altos.

E a todos os demais que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

*“É preciso sempre lembrar que saneamento é uma atividade de saúde preventiva”.*

Dieter Wartchow

## RESUMO

O Agreste pernambucano vem sofrendo com a seca desde o início da década. O consumo da água dos reservatórios, somando-se à falta de chuvas nas bacias hidrográficas, fez-se com que o abastecimento funcionasse em forma de rodízio. A barragem de Jucazinho (Surubim, PE), maior e principal reservatório do Agreste, responsável pelo abastecimento de 15 cidades da região, sendo Caruaru o maior centro urbano abastecido, entrou em colapso no segundo semestre de 2016, afetando mais de 300.000 habitantes, apenas na cidade. Portanto, antes do colapso, tal barragem teve seu uso concomitante à barragem do Prata (Bonito, PE), sendo esta a atual fonte de abastecimento da cidade de Caruaru, no momento. Devido à preocupação em manter o manancial do Prata com volume útil, obras de adução foram executadas no rio Pirangi, com a finalidade de ajudar a suprir as necessidades da cidade de Caruaru. Porém, com as chuvas ocorridas em 2018, o reservatório do Prata atingiu volume suficiente. A fim de se fornecer água bruta adequada ao abastecimento da cidade, análises de seus parâmetros físicos, químicos e microbiológicos são necessários, visto que um conhecimento desses parâmetros fornece subsídios para a escolha da melhor forma de tratamento do recurso hídrico. O presente trabalho realizou as análises citadas acima (entre abril e julho de 2018), assim como o cálculo do Índice de Qualidade das Águas da barragem (para os anos de 2005, 2006 e 2008). Estes resultados foram satisfatórios, constatando-se, para o parâmetro coliformes fecais, o valor máximo de 12,1 NMP/100mL, onde a resolução 357/05 da CONAMA adota como limite para um corpo hídrico de Classe 2 como 1.000 NMP/100mL. Além disso, para o IQA, o valor mínimo foi de 64,73 e o máximo de 91,86, classificando-se assim como boa ou ótima, dependendo da época do ano, e ano em estudo. De forma geral, a qualidade da água foi confirmada como excelente para o consumo humano, de acordo a legislação vigente.

Palavras-chave: Agreste, qualidade da água, recursos hídricos, IQA.

## ABSTRACT

The agreste region of Pernambuco has been suffering from a drought since the beginning of the decade. Water consumption combined with the lack of rainfall in the watershed has obligated the water company to switch the continuous water supply to a rotation one. The Jucazinho dam (Surubim, PE), the largest and principal reservoir in the area, responsible for supplying 15 cities in the region, where Caruaru is its largest urban center, had collapsed in the second semester of 2016, effecting more than 300,000 habitants only in the city. Therefore, before it happened, Jucazinho was concomitantly used with the Prata dam (Bonito, PE), which is the current source of supply for the city of Caruaru, at the moment. Due to concerns to maintain the the Prata dam with useful volume, adduction works were executed to transport water from the Pirangi river, reducing the impact in the Prata dam's supplies. However, due to the rains that occurred in 2018, Pirangi system is no longer in use, because Prata dam reached its maximum capacity. In order to provide adequate raw water supply to the city, analyses of its physical, chemical, and microbiological parameters are mandatory, thus, this information is very important to determine if this water source is suitable for its purpose, and what the best water treatment method is. This paper presents the results achieved with the analyses made, as well as, it carries out the Water Quality Index (WQI) of the Prata dam. These results were satisfactory, confirming that, for the parameter coliforms, the highest concentration was 12.1 MPN/100 mL, where the resolution 357/05 from CONAMA sets 1.000 MPN/100 mL as its limit for a type 2 water basin. In addition, for the WQI, its minimal and maximum values were 64.73 and 91.86, respectively, classifying it as good, and great quality, depending on the time of the year, and year of the study. Therefore, the water quality was guaranteed excellent for human consumption, according to current legislation.

Keywords: Agreste, water quality, water resources, WQI.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1</b>	Chuva frontal .....	18
<b>Figura 2.2</b>	Chuva orográfica .....	18
<b>Figura 2.3</b>	Chuva convectiva .....	19
<b>Figura 2.4</b>	Ciclo da Água .....	21
<b>Figura 2.5</b>	Linha do tempo: legislação federal, estadual e criação das agências e órgãos .....	25
<b>Figura 2.6</b>	Estados que utilizam o IQA .....	41
<b>Figura 3.1</b>	Turbidímetro .....	44
<b>Figura 3.2</b>	Medidor multiparâmetro .....	44
<b>Figura 3.3</b>	Método Colilert® .....	45
<b>Figura 3.4</b>	Balde de Inox .....	46
<b>Figura 3.5</b>	Garrafa de Van Dorn de fluxo horizontal .....	47
<b>Figura 3.6</b>	Localização da barragem do Prata .....	48
<b>Figura 3.7</b>	Bacias hidrográficas do estado de Pernambuco .....	49
<b>Figura 3.8</b>	Barragem do Prata, 13 junho de 2018 .....	49
<b>Figura 4.1</b>	Resultados do parâmetro coliformes fecais, no período chuvoso .....	51
<b>Figura 4.2</b>	Resultados do parâmetro coliformes fecais, no período de estiagem .....	51
<b>Figura 4.3</b>	Resultados do parâmetro oxigênio dissolvido, no período chuvoso .....	51
<b>Figura 4.4</b>	Resultados do parâmetro oxigênio dissolvido, no período de estiagem .....	53
<b>Figura 4.5</b>	Resultados do parâmetro pH, no período chuvoso .....	53
<b>Figura 4.6</b>	Resultados do parâmetro pH, no período de estiagem .....	54
<b>Figura 4.7</b>	Resultados do parâmetro temperatura, no período chuvoso .....	55
<b>Figura 4.8</b>	Resultados do parâmetro temperatura, no período de estiagem .....	55
<b>Figura 4.9</b>	Resultados do parâmetro turbidez, no período chuvoso .....	56
<b>Figura 4.10</b>	Resultados do parâmetro turbidez, no período de estiagem .....	56

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b>	Parâmetros que compõem o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e seus respectivos pesos .....	37
<b>Tabela 2.2</b>	Classificação dos valores do Índice de Qualidade das Águas nos estados brasileiros .....	40
<b>Tabela 4.1</b>	Resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos disponibilizados no banco de dados da ANA, para o período seco .....	57
<b>Tabela 4.2</b>	Resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos disponibilizados no banco de dados da ANA, para o período chuvoso .....	58
<b>Tabela 4.3</b>	IQA para o mês de maio, 2005 .....	59
<b>Tabela 4.4</b>	IQA para o mês de novembro, 2005 .....	59
<b>Tabela 4.5</b>	IQA para o mês de junho, 2006 .....	60
<b>Tabela 4.6</b>	IQA para o mês de dezembro, 2006 .....	60
<b>Tabela 4.7</b>	IQA para o mês de julho, 2008 .....	61
<b>Tabela 4.8</b>	IQA para o mês de novembro, 2008 .....	61

## LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
APAC	Agência Pernambucana de Águas e Clima
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COMPESA	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EUA	Estados Unidos da América
IBWC	International Boundary & Water Commission
IQA	Índice de Qualidade das Águas
ICPDR	International Commission for the protection of the Danube River
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NSF	National Sanitation Foundation
PERH	Plano Estadual de Recursos Hídricos
PNQA	Plano Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas
SRHE	Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
UP	Unidade de Planejamento
WWF	World Wide Fund for Nature

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	Justificativa .....	14
1.2	Motivação.....	14
1.3	Objetivos .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>16</b>
2.1	Recursos hídricos .....	16
<b>2.1.1</b>	<b>O ciclo hidrológico .....</b>	<b>17</b>
2.1.1.1	Precipitação.....	17
2.1.1.2	Escoamento subterrâneo .....	19
2.1.1.3	Escoamento superficial .....	20
2.1.1.4	Evaporação e evapotranspiração .....	20
2.2	Recursos hídricos no mundo .....	21
2.3	Recursos hídricos no Brasil .....	23
<b>2.3.1</b>	<b>Legislação .....</b>	<b>24</b>
2.4	Recursos hídricos em Pernambuco .....	28
<b>2.4.1</b>	<b>Agências e órgãos reguladores .....</b>	<b>30</b>
2.5	Parâmetros indicadores da qualidade da água.....	31
<b>2.5.1</b>	<b>Características físicas da água .....</b>	<b>32</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Características químicas da água.....</b>	<b>33</b>
<b>2.5.3</b>	<b>Características biológicas da água.....</b>	<b>35</b>
2.6	Índice de qualidade das águas (IQA) .....	36
2.7	Classificação da água.....	42
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
3.1	Metodologia .....	43
3.2	Equipamentos.....	45
<b>3.2.1</b>	<b>Amostrador de superfície .....</b>	<b>46</b>
3.2.1.1	Balde de inox.....	46
<b>3.2.2</b>	<b>Amostrador de profundidade .....</b>	<b>46</b>
3.2.2.1	Garrafa de Van Dorn .....	46
3.3	Descrição da área de estudo .....	47
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>51</b>
4.1	Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos .....	51
<b>4.1.1</b>	<b>Coliformes fecais.....</b>	<b>51</b>

4.1.2	Oxigênio dissolvido .....	52
4.1.3	Potencial hidrogeniônico - pH.....	53
4.1.4	Temperatura.....	54
4.1.5	Turbidez .....	55
4.2	Índice de qualidade das Águas - IQA.....	56
4.2.1	IQA para o ano de 2005.....	58
4.2.2	IQA para o ano de 2006.....	59
4.2.3	IQA para o ano de 2008.....	60
4.3	Considerações .....	62
5	CONCLUSÃO .....	63
	REFERÊNCIAS	

## 1 INTRODUÇÃO

A região Nordeste sofre de escassez hídrica, e a cidade de Caruaru, no Agreste de Pernambuco, faz uso do recurso hídrico, não apenas pela sua população, mas também pelas indústrias instaladas nela, sejam elas indústrias alimentícias, de materiais para a construção civil, têxteis, entre outras.

O rio Ipojuca não abastece a cidade, devido à sua má qualidade, mas, o esgoto gerado pela população e indústria, em sua maioria, é despejado no rio. Seus efluentes, tratados ou não, acabam sendo despejados nele, o único rio que passa pela cidade, e segue seu curso, até o encontro com o oceano, levando a carga poluidora para outras áreas da bacia, e recebendo mais poluição das cidades à jusante de Caruaru, o que compromete ainda mais a qualidade da água.

A cidade de Caruaru, assim como outras cidades do agreste tinham como sua fonte principal de abastecimento, a Barragem de Jucazinho, localizada na cidade de Surubim, com suas operações iniciadas no ano 2000. A região passa pelo sétimo ano de escassez hídrica, o que levou Jucazinho ao colapso (0,01% do seu volume, em setembro de 2016, segundo a COMPESA), exigindo dos governantes decisões de urgência para manter a região abastecida, mesmo que em regime restrito. A Barragem do Prata foi, e continua sendo, uma saída para a situação, porém, devido à alta demanda e poucas chuvas, o seu nível se encontrou baixo, chegando a 15% de sua capacidade, em março de 2017.

Como medida de preservação do manancial do Prata, obras da adutora do Pirangi foram iniciadas em janeiro de 2016 e concluídas no início de 2017, transportando água do rio Pirangi (Catende) até o poço de sucção do Prata (Bonito), com uma extensão de 27 km de adutora, aumentando a vazão disponível para a região que era apenas abastecida pelo manancial do Prata. Mais de 500 mil pessoas estão sendo beneficiadas pelas novas instalações.

Por este motivo, o presente trabalho teve como objetivo ter conhecimento dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos deste afluente.

## 1.1 Justificativa

A região do Agreste pernambucano vive um período crítico de abastecimento das suas cidades, devido à estiagem que atinge a região nos últimos anos. A cidade de Caruaru, maior cidade dentre as atingidas, possui uma economia importante, que atrai não apenas novos moradores, mas também centros de ensino e indústrias para manter o desenvolvimento da região. Dentre as consequências desse aumento da população, vem também um aumento na demanda por água para o consumo humano e industrial. A alta demanda, porém, associada à baixa oferta do recurso hídrico faz com que os órgãos responsáveis busquem novos meios de suprir as necessidades da cidade. Com a desativação das operações da barragem do Jucazinho, a principal fonte de abastecimento da cidade até meados de 2016, e adequação do sistema para ser suprido pela barragem do Prata acrescido da barragem do Pirangi trazem esperanças para a população, reduzindo os rodízios mensais de abastecimento. Porém, a qualidade da água desses mananciais acaba influenciando no tipo de tratamento que recebem quando chegam até as ETAs existentes na cidade.

Portanto, ter um conhecimento da qualidade desse afluente é fator essencial para um tratamento adequado, visando sempre a distribuição de água com a melhor qualidade possível.

## 1.2 Motivação

Visando a atual situação de escassez hídrica que o Agreste pernambucano vem sofrendo devido à estiagem prolongada, adequações foram necessárias para manter a região abastecida, mesmo que em regime reduzido. A barragem de Jucazinho (localizada no município de Surubim), sem volume considerável para o abastecimento da cidade de Caruaru e outras cidades vizinhas, fez com que a COMPESA procurasse outras formas de manter o sistema de abastecimento da região. A barragem do Prata (localizada no município de Bonito), desde meados de 2016 fornece água bruta para a região. Portanto, um estudo se faz necessário, visto que o tratamento que as ETAs executam deve levar em conta a qualidade do afluente que chega às suas instalações.

### 1.3 Objetivos

#### *Objetivo Geral*

- Realizar uma avaliação da qualidade da água da Barragem do Prata, ao longo do tempo.

#### *Objetivos Específicos*

- Associar os dados de qualidade da água com o uso e ocupação do solo no entorno do reservatório.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Recursos hídricos

Recursos hídricos é o termo associado à água dotada de valores econômicos, podendo ser utilizado para esse fim (REBOUÇAS *et al.*, 1999).

A água é a substância mais comum na terra, necessária para a manutenção da vida no nosso planeta. Mais de 2/3 (dois terços) do corpo humano é composto por água, sendo essa porcentagem ainda maior em alguns alimentos, como é o caso do tomate, que contém aproximadamente 95% de água. A água está presente nos estados sólido, líquido e gasoso. O ciclo hidrológico através de seus processos faz com que a água possa ser reutilizada, sem alteração no seu volume total, no planeta (WURBS e JAMES, 2002)

Devido à sua importância na vida dos seres vivos, a água deve apresentar condições físicas e químicas adequadas. Portanto, deve-se ter substâncias favoráveis à manutenção da vida dos seres vivos que a utilizam, assim como ser desprovida de substâncias nocivas não somente ao ser que está fazendo seu uso, mas também aos demais seres da cadeia alimentar. Ter água em abundância, mas não em boa quantidade, assim como, ter água de boa qualidade, mas em quantidade reduzida não se caracterizam como situações adequadas para suprir as necessidades dos seres vivos que ali habitam. Logo, qualidade e quantidade estão estritamente ligadas (BRAGA *et al.*, 2005).

Segundo Bacci e Pataca (2008, p.211) “[...] falar da relevância dos conhecimentos sobre a água, em suas diversas dimensões, é falar da sobrevivência da espécie humana, da conservação do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais.”. Logo, um estudo acerca dos recursos naturais (neste caso, a água) se faz necessário, devido a sua importância na manutenção da vida na terra, visto que, qualquer que seja a alteração na sua qualidade e quantidade, pelas atividades humanas, os resultados dessas alterações podem afetar as demais formas de vida no planeta e modificar o meio ambiente.

O ramo da ciência que estuda os ecossistemas de água doce é conhecido como Limnologia. Ecossistemas límnicos ou limnociclo são ecossistemas pertencentes aos rios, lagos, lagoas, represas etc. Por sua vez, tais ecossistemas se subdividem em Lênticos e Lóticos (ANA, 2013).

Ecossistemas Lênticos são ambientes aquáticos, de água parada, como lagos e lagoas, por exemplo. Tal ambiente é um importante distribuidor de biodiversidade, com a presença de ecótonos (zonas de transição entre duas comunidades vizinhas) (ANA, 2013).

Ecossistemas Lóticos são ambientes aquáticos, de água corrente, como rios e riachos, por exemplo. O fluxo hídrico presente nesses ambientes influencia nas propriedades físico-químicas da água, assim como nas comunidades biológicas presentes. A troca entre ambientes aquáticos e terrestres é maior neste caso, assim como a menor estratificação térmica, em comparação com os ambientes lênticos (ANA, 2013).

### **2.1.1 O ciclo hidrológico**

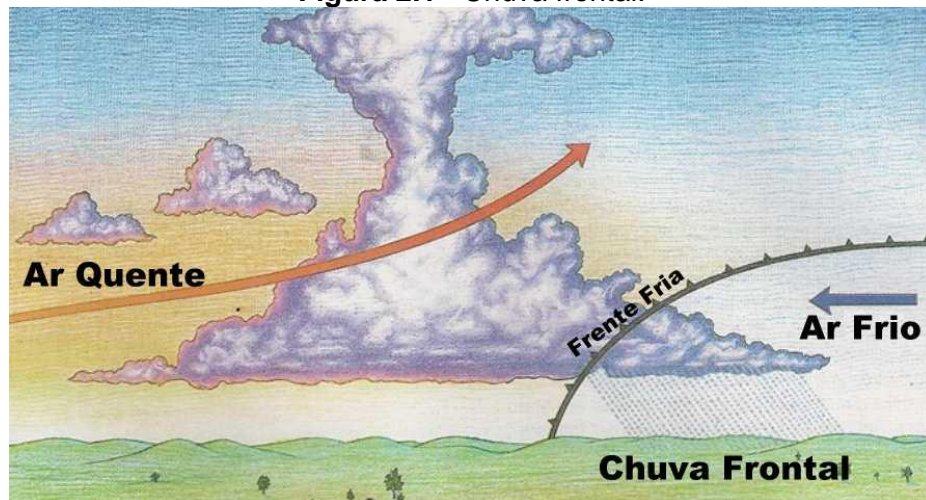
O ciclo hidrológico é composto pelos seguintes estágios: precipitação, infiltração, escoamento superficial, evaporação e evapotranspiração (TUCCI, 2001).

#### **2.1.1.1 Precipitação**

Condensação do vapor d'água atmosférico, resultado de seu resfriamento ao ponto de saturação. Tal resfriamento pode ser resultado da ação frontal de outras fontes eólicas, presença de topografia abrupta, fenômenos de convecção térmica, ou a combinação de todas elas. Os tipos de precipitações são: frontal, orográfico e de convecção térmica (convectiva)(GARCEZ, 1976).

- Frontal: ocorre do encontro de duas massas de ar distintas (ar quente e ar frio). Chuva contínua e intensidade de baixa a moderada, alcançando grandes áreas (ver Figura 2.1).

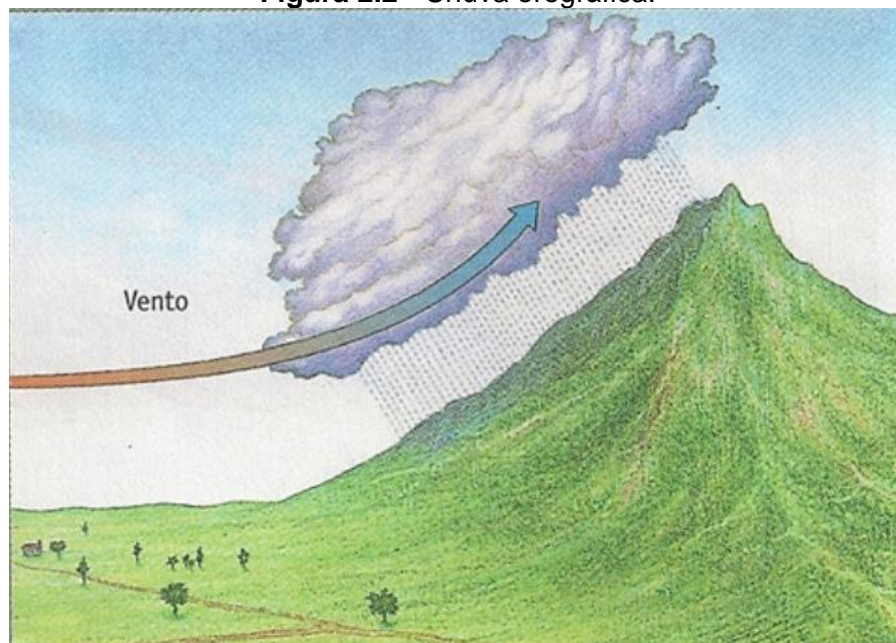
**Figura 2.1 - Chuva frontal.**



Fonte: Mentiras Veríssimas (2013)

- Orográfica: ocorre do encontro de uma massa de ar úmido com uma barreira topográfica (serra, montanha). Com a elevação da massa de ar, há uma redução da temperatura, resultando na condensação do vapor d'água, formando as nuvens. Chuvas de pequena intensidade e longa duração (ver Figura 2.2).

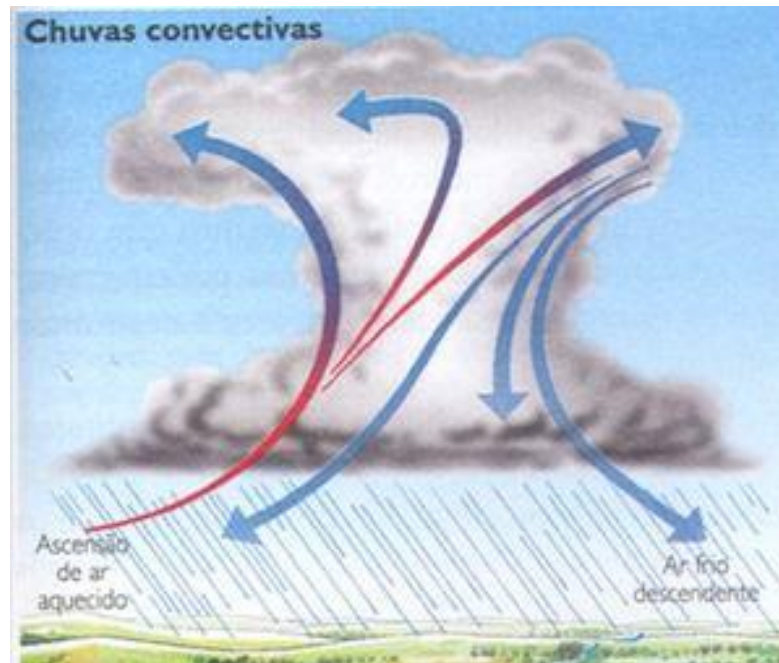
**Figura 2.2 - Chuva orográfica.**



Fonte: Mentiras Veríssimas (2013)

- Convectiva: ocorre da elevação de massa de ar quente, condensando o vapor d'água. Chuva de curta duração, alta intensidade e abrange pequenas áreas (ver Figura 2.3).

**Figura 2.3** - Chuva convectiva.



Fonte: Mentiras Veríssimas (2013)

Devido a nossa região ser de clima tropical, o tipo de precipitação que mais ocorre é a chuva. Granizo, neve e nevoeiro também são formas de precipitação. As duas primeiras ocorrem quando o resfriamento atinge o ponto de congelamento, e a última quando as partículas condensadas finas, mantêm-se em suspensão junto à superfície do solo.

#### 2.1.1.2 Escoamento subterrâneo

Pode ocorrer de diversas formas, sendo divididas em: fase de intercâmbio, fase de circulação e fase de descida (GARCEZ, 1976).

- Fase de intercâmbio: ocorre nas camadas superficiais do terreno, ocasionado pela aspiração capilar ou utilização da água pelas plantas.
- Fase de descida: ocorre quando a capilaridade é superada pela ação da gravidade. A água desce até atingir a camada impermeável.

- Fase de circulação: ocorre após a saturação do solo, com a formação dos lençóis subterrâneos. O escoamento depende da declividade das camadas impermeáveis, sofrendo influência da gravidade.

As fases de intercâmbio e descida denominam a zona de aeração, enquanto que a camada que envolve a zona de circulação é denominada de zona de saturação.

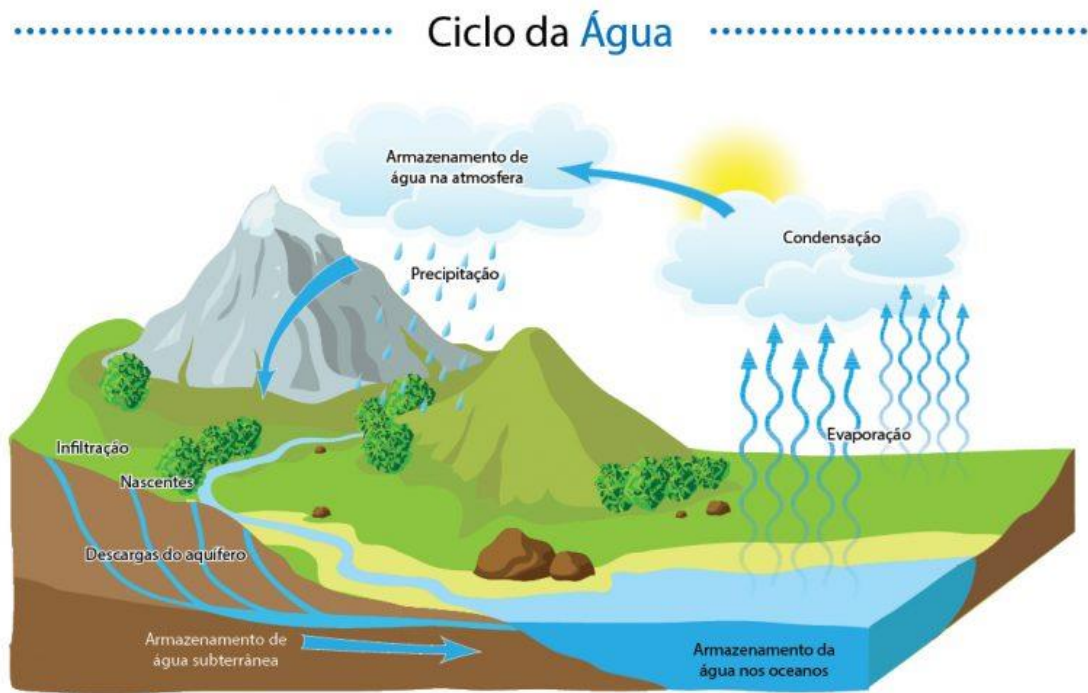
#### 2.1.1.3 Escoamento superficial

Originado das precipitações atmosféricas, o escoamento superficial (deflúvio) pode variar, a depender do tipo de curso d'água, podendo ser caracterizado como enxurrada, córrego, rio, lago e reservatório de acumulação. A água tem maiores chances de evaporar, reduzindo assim o seu volume, a depender das condições meteorológicas do ambiente e de topografias favoráveis ao processo (GARCEZ, 1976).

#### 2.1.1.4 Evaporação e evapotranspiração

Ocorre na superfície das águas dos rios, lagos, mares e oceanos e reservatórios de acumulação. A superfície do solo também sofre efeito da evaporação, assim como as plantas, no processo denominado de evapotranspiração. Quantificar a evaporação é muito importante quando se tem um corpo hídrico com superfície horizontal de grande extensão, pois isso acarreta na diminuição do volume de água com o tempo. Em áreas com baixos índices pluviométricos e alta radiação solar, ter um conhecimento do efeito da evaporação é crucial (GARCEZ, 1976).

A Figura 2.4 ilustra o ciclo hidrológico, ou Ciclo da Água.

**Figura 2.4 - Ciclo da Água**

Fonte: Escola Educação (2018)

## 2.2 Recursos hídricos no mundo

Devido ao aumento da demanda por água para o consumo humano, seja para abastecimento público, indústrias, irrigação etc.; e para não haver um consumo desordenado e inconsciente, foi-se necessário a criação de leis com funções reguladoras, objetivando o consumo consciente, visando na manutenção do recurso hídrico, não apenas para a atual geração, mas também para as futuras.

Segundo Wurbs e James (2002), bacia hidrográfica se caracteriza como uma área em que a contribuição hidrológica, de forma superficial e subterrânea, converge nos diversos trechos da bacia, descarregando no rio principal, e seguindo o fluxo hídrico até a sua descarga pelo exutório (ponto da descarga acumulada dos diversos sub-trechos da bacia). Esse ponto de descarga pode ocorrer no oceano, lago, ou outro corpo hídrico sem contato com o oceano.

Como as bacias hidrográficas são resultados das depressões naturais da superfície da terra, nem sempre elas são pertencentes a um único estado ou país, o que pode ocasionar conflitos pelo uso da água. O Oriente Médio e países africanos são exemplos de países que convivem com a escassez hídrica. O rio Jordão, por



exemplo, que corta Israel, Palestina, Síria e Jordânia tem sua importância história devido aos conflitos pelo uso da água entre esses países. No sul do continente africano, vários rios perpassam por mais de um país. Devido ao crescimento econômico e populacional desses países, a demanda pelo uso do recurso hídrico aumenta, o que torna a situação caótica, necessitando de uma parceria entre esses países para a promoção do uso da água de forma adequada.

Na América do Norte, as bacias dos rios Grande e Columbia, que cruzam as fronteiras do Canadá, Estados Unidos e México possuem tratados internacionais entre esses países.

O tratado de 1944 entre os EUA e México, fala sobre a distribuição das águas da bacia do rio Grande, entre Fort Quitman (Texas) e o golfo do México, entre ambas nações, marco que autorizou a construção das barragens Amistad e Falcon. O mesmo tratado também previu a alocação das águas do rio colorado. Essas barragens são operadas pela Comissão da Água e Fronteira Internacionais (International Boundary and Water Commission, IBWC). Amistad e Falcon funcionam como controle de enchentes, além do uso dos seus potenciais hidroelétricos e de recreação. 52,6% e 58,6% dos volumes pertencem aos EUA, respectivamente, ficando o restante para o México (IBWC, 1944).

O tratado de 1964 entre Canadá e os EUA, diz respeito à administração das águas da bacia do rio Columbia. Tal documento permitiu a instalação de entidades operacionais de ambos países, sendo a British Columbia Hydro and Power Authority, a canadense; e a The Bonneville Power Administration and the USACE North Pacific Division, a estadunidense. O rio Columbia tem sua nascente no lago Columbia, nas montanhas Selkirk, em British Columbia, província canadense. O seu exutório encontra-se no encontro do rio e o Oceano Pacífico, na cidade de Astória, no estado do Oregon, fronteira com o estado de Washington, na costa oeste dos Estados Unidos. Usinas hidroelétricas, irrigação, navegação, abastecimento urbano e recreação estão entre os principais usos da água do rio Columbia.

Na Europa, as principais bacias são as dos rios Volga, na Rússia, e o rio Danúbio, pertencente a vários países europeus.

A bacia do rio Volga é a maior bacia europeia, em comprimento, descargas e ramificações, com um percurso de aproximadamente 3.700 km, com o exutório no mar

Cáspio. 11 entre as 20 maiores cidades russas pertencem à bacia do Volga, somando mais de 56,5 milhões de habitantes. Conta com o maior estuário europeu, onde podem ser encontrados pelicanos e flamingos (WWF, 2007).

A bacia do rio Danúbio é a segunda maior da Europa, percorrendo 19 países do continente, o que torna a bacia a mais internacional, com uma população de mais de 80 milhões de habitantes. Além dos principais usos do rio, como geração de energia elétrica, irrigação, abastecimento urbano, recreação etc. O rio possui um grande valor econômico, uma vez que é uma via de ligação de várias partes da Europa com os principais portos do continente, como o de Roterdã, na Holanda. Água fora dos padrões de potabilidade em diversos trechos, e poluição da água subterrânea por nitratos são alguns dos problemas que a bacia do Danúbio vem enfrentando atualmente, devido ao seu uso demasiado (ICPDR, 2009).

A bacia do rio Yangtze, na China, é a maior bacia da Ásia, possuindo aproximadamente 6.300 km de extensão, desde a sua nascente, no planalto tibetano, até atingir o exutório em Xangai, no mar do leste chinês. Com uma população de aproximadamente 400 milhões de pessoa, a bacia do Yangtze é a maior do mundo, em população e o terceiro maior do mundo em extensão. De acordo com o National Bureau of Statistics (agência do governo chinês), dados de 2004, a bacia do Yangtze foi responsável por cerca de 40% do PIB chinês, com 70% da produção nacional do arroz, e 50% de todos os grãos, além de 70% de toda a produção de peixes (WWF, 2007).

### 2.3 Recursos hídricos no Brasil

O Brasil possuía 7 regiões hidrográficas. Em 15 de outubro de 2003, quando entrou em vigor a resolução nº 32 do Ministério do Meio Ambiente, MMA, o número de regiões hidrográficas passou a ser de 12.

As 12 regiões hidrográficas brasileiras somam aproximadamente 12% de toda a água doce do mundo. São elas: Região Hidrográfica Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Nordeste Ocidental, Parnaíba, Atlântico Nordeste Oriental, São Francisco, Atlântico Leste, Paraguai, Paraná, Uruguai, Sudeste e Atlântico Sul. Devido



às suas grandes dimensões, tais regiões se subdividem em cerca de 200 mil microbacias (MMA, 2018).

A região hidrográfica do Amazonas é a maior bacia do mundo, possuindo uma área de cerca de 6,1 milhões de km<sup>2</sup>, com sua nascente nos Andes peruanos, e sua foz no oceano atlântico, na região norte do Brasil. Com maior parte de sua extensão localizada em território brasileiro. 45% do território nacional faz parte dessa região hidrográfica, somando-se 7 estados (Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Pará e Mato Grosso). Embora a sua abundância de água, a densidade populacional da região conta apenas com 10% da densidade média da população do país. 85% da disponibilidade hídrica do país se encontra nesta região.

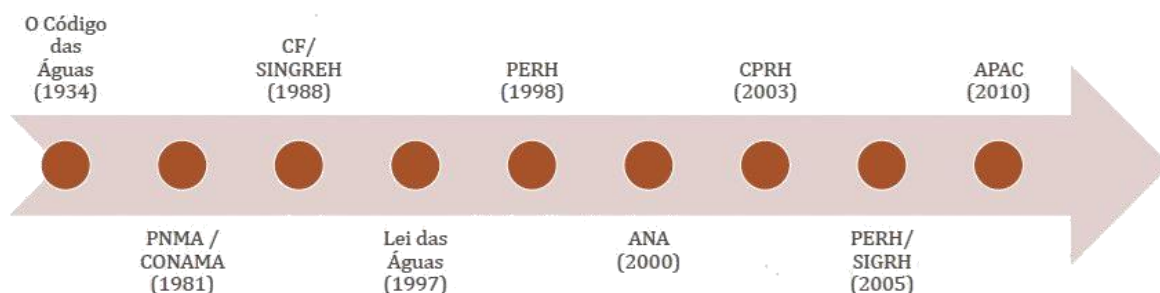
O volume de água disponível no país é superior a 19 vezes o volume mínimo de água, que é 1.700 m<sup>3</sup>/ano.habitante, entretanto, uma pequena porcentagem da população reside próximo a tais fontes (MMA, 2018). Tal dado acaba sendo contraditório. Por que existe crise hídrica no Brasil, já que há tanta água doce disponível? A resposta está na má distribuição de tal recurso para a população. Grande parte da população está concentrada no litoral ou próximo a ele, enquanto que os grandes volumes de água doce se encontram no interior do país, como na bacia da região amazônica, por exemplo. Grandes obras de infraestrutura precisariam ser executadas para fazer a transposição dessas águas até os centros consumidores do Nordeste, por exemplo. O alto custo, além de grandes perdas no decorrer do percurso encarecem o processo, tornando-o inviável economicamente. Portanto, a construção de reservatórios, conservação dos corpos hídricos próximos aos centros de consumo, e uma administração visando o uso múltiplo das águas, sem haver o comprometimento do recurso hídrico para a atual e futuras gerações são pontos-chaves no gerenciamento dos rios do Brasil.

### **2.3.1 Legislação**

O aumento da população, assim como o crescimento econômico trouxeram consigo a preocupação com a preservação dos corpos hídricos nacionais. A criação de legislação se fez necessária para assegurar à população o exercício do direito ao uso da água.

A Figura 2.5 traz a linha do tempo dos avanços da legislação federal, estadual, e criação das agências e órgãos responsáveis pelo uso, autorização e monitoramento dos recursos hídricos.

**Figura 2.5** - Linha do tempo: legislação federal, estadual e criação das agências e órgãos.



Fonte: Autor (2018)

O Código das Águas (decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934) foi um dos marcos na adoção de elementos técnicos na gestão da água no país. A setorização dos diversos usos da água foram aparecendo, tornando a gestão mais complexa. Tal legislação entrou em vigor durante o processo de industrialização do Brasil. Naquela época, não se tinha conhecimento dos problemas que o uso irresponsável dos recursos hídricos poderia causar. A descentralização da gestão a tornou mais organizada. Junto a isso, instituições de coletas de dados foram criadas, a exemplo do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), responsável pelos dados de precipitações e climatológicos, enquanto que dados fluviométricos e pluviométricos ficaram sob a responsabilidade do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica). A SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste) ficou responsável pelos problemas relacionados à seca do Nordeste. Para a irrigação (setor que mais demanda água para a sua manutenção), na região nordeste, a CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento dos vales do São Francisco e do Parnaíba) foi criada; nas demais regiões do país, o setor foi administrado por empresas privadas.

O mesmo decreto, nos artigos 29, 30 e 31 determina quem são os detentores das águas públicas, a depender de sua posição geográfica; se o rio pertence a mais de uma cidade, ou estado.

Em agosto de 1981, foi sancionada a lei que dispunha sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seguido pela criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e da inclusão da sociedade civil na tomada de decisões através da criação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Em 1988, a Constituição da República federativa do Brasil foi promulgada. O texto estabeleceu a proteção do meio ambiente como competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, assim como o combate à poluição das diversas formas (BRASIL, 1988). O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) foi implantado após a ordem contida nesse documento.

Em 8 de janeiro de 1997, a lei de nº 9.433 foi decretada pelo Congresso Nacional e sancionada pelo então presidente da República Fernando Henrique Cardoso. Conhecida como a “Lei das Águas”, em seu artigo 1º, ela define os fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos. São eles:

- I. a água é um bem de domínio público;
- II. a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III. em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação dos animais;
- IV. a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V. a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI. a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos Usuários e das Comunidades.

Dar poder de posse das águas brasileiras ao Estado garante um maior controle da mesma. Quando se toma consciência de que ela é um recurso finito, sente-se a necessidade de sua preservação. Uma forma de haver essa garantia é a adoção de valor à mesma. O valor citado na Lei não se refere a um imposto, mas sim a um valor a ser cobrado pelo uso do recurso. Valor esse necessário para a manutenção da rede, e demais melhorias que venham a ser necessárias na própria bacia. Como citado nos

Incisos V e VI, a descentralização do gerenciamento das bacias hidrográficas é a maneira mais adequada, visto que a maior proximidade entre o Poder Público, Usuários e Comunidades só torna a utilização, manutenção e melhorias no sistema de forma eficiente, já que a tomada de decisão está mais próxima dos usuários, permitindo a participação deles nessas decisões.

O artigo 2º fala sobre os objetivos a serem alcançados pela Política Nacional de Recursos Hídricos. Basicamente, os objetivos se resumem à garantia da disponibilidade da água em quantidade e qualidade para a atual e futuras gerações; o uso racional e sustentável; prevenção e defesa contra eventos hidrológicos como seca e inundações, por exemplo; e o incentivo à captação, preservação e aproveitamento das águas das chuvas, principalmente em regiões que possuem baixa disponibilidade hídrica (objetivo incluído pela Lei 13.501, de 30 de outubro de 2017).

O artigo 3º fala sobre as diretrizes para a implementação da Política Nacional do Recursos Hídricos. A primeira delas diz respeito à gestão sistemática, sem dissociação dos aspectos de qualidade e quantidade da água. Uma água de boa qualidade, porém em quantidade insuficiente para a demanda não se enquadra como uma condição ideal, assim como água em quantidade abundante, porém com má qualidade também pode não ser uma condição ideal, a depender da finalidade de seu uso. A gestão deve se adequar à realidade de cada bacia, levando-se em consideração aspectos biológicos, físicos, demográficos, econômicos, culturais e sociais. Isso quer dizer que a gestão de uma bacia localizada no sertão nordestino não pode ser a mesma de uma bacia localizada em uma região com maior disponibilidade hídrica de outra região geográfica. Ambas realidades diferem, e a gestão deve se adequar à realidade local. Além disso, a gestão dos recursos hídricos deve estar associada à gestão ambiental e de uso do solo. Em suma, para se garantir uma gestão correta em uma bacia hidrográfica, não apenas a água deve ser levada em consideração, mas também outras partes do meio ambiente que venham a ocasionar a alteração na qualidade e quantidade dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos (VON SPERLING, 1996).

O artigo 5º fala sobre os instrumentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos. Tais instrumentos são subdivisões das tarefas para poder haver uma gestão efetiva e organizada. Dentre os instrumentos, temos os planos dos recursos hídricos de cada bacia; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os seus

usos preponderantes; a outorga dos direitos de uso da água; a cobrança pelo uso dos recursos hídricos; a compensação dos municípios; e a criação do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Desde a criação de um plano dos recursos hídricos, a gestão da bacia toma conhecimento da realidade da mesma, das necessidades locais, das demandas da população e indústrias ali instaladas. Estudos são feitos para o enquadramento dos corpos hídricos em classes, a depender dos seus usos preponderantes, assim como da concessão de uso dos recursos hídricos pela população, com vazão controlada, desde que não haja comprometimento do corpo hídrico. Concessões também são necessárias para o despejo de efluentes com carga poluidora e vazão controladas, respeitando as limitações de autodepuração dos rios e seu impacto nas comunidades que fazem uso do rio, assim como do ecossistema aquático presente no mesmo. O sistema de informação sobre os recursos hídricos permite conhecer a atual situação dos corpos hídricos, servindo, também, como recurso para a tomada de decisão.

Criada pela lei nº 9.984 de 2000, a Agência Nacional de Águas (ANA) é a agência reguladora vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) dedicada à manutenção do cumprimento dos objetivos e diretrizes da Lei das Águas, a lei nº 9.433 de 1997. A ANA segue quatro linhas de ação, são elas: regulação, monitoramento, aplicação da lei e planejamento. Os rios que fazem fronteiras com outros países e os rios que cortam mais de um estado da federação são regulamentados pela Agência, assim como os serviços de irrigação (durante a concessão) e extração de água bruta. Além de fiscalizar barragens outorgadas por ela. A ANA coordena a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, apoiando projetos e programas, órgãos estaduais e a instalação de comitês e agências das bacias.

## 2.4 Recursos hídricos em Pernambuco

O território do estado de Pernambuco está contido em duas regiões hidrográficas brasileiras (São Francisco e Atlântico Nordeste Oriental) (ANA, 2007).

Em 1998, a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente elaborou o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), tornando-se o “[...] instrumento

norteador da política dos recursos hídricos do estado de Pernambuco, essencial para a promoção do seu desenvolvimento sustentável”.

O PERH dividiu o estado em 29 Unidades de Planejamento (UP), sendo elas 13 Bacias Hidrográficas, 06 Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos (GL1 a GL6), 09 Grupos de Pequenos Rios Interiores (GI1 a GI9) e uma bacia de pequenos rios que compõem a rede de drenagem do arquipélago de Fernando de Noronha. A bacia GI-1 drena parte para o rio São Francisco e parte para o Oceano Atlântico.

As grandes bacias do estado têm suas descargas hídricas no rio São Francisco e no Oceano Atlântico. As bacias que escoam para o rio São Francisco constituem os chamados rios interiores (Brígida, Graça, Ipanema, Pontal, Pajeú, Moxotó, Terra Nova e grupos de pequenos rios interiores). Já as bacias que escoam para o Oceano Atlântico constituem os chamados rios litorâneos (Capibaribe, Ipojuca, Goiana, Sirinhaém, Una, Mundaú e GLs) (APAC, 2018).

As bacias do rio Una, Moxotó, Mundaú e Ipanema possuem parte de suas áreas de drenagem no estado de Alagoas. Além dessas, a bacia GI-9 é compartilhada com o Ceará, a GL-6 com a Paraíba e a GL-5 com Alagoas.

Devido ao clima semiárido que ocupa boa parte do território do estado, muitos problemas com a disponibilidade de água na região são existentes. A fim de promover o desenvolvimento econômico e social, os seguintes problemas precisam ser sanados:

- combate às secas no semiárido, como uma das formas de superação das graves desigualdades regionais;
- saneamento básico, com abastecimento de água, coleta e tratamento de esgotos urbanos, para parte de sua população ainda não atendida satisfatoriamente;
- irrigação de culturas agrícolas, para elevação da produtividade e da produção, abrangendo considerável área fértil existente;
- controle da poluição das águas, de origem urbana, industrial e agrícola, de modo a atender à preservação do meio ambiente e à melhoria da qualidade da vida da população;
- controle de cheias e prevenção de inundações, notadamente em áreas urbanas.

As necessidades da população variam, dependendo da região do estado, como por exemplo, a Zona da Mata Sul (Palmares e Catende, principalmente) sofre com cheias, enquanto que no agreste e sertão do estado, o problema da seca e reservatórios abaixo dos níveis recomendados são preocupações frequentes. Junto a isso, a deficiência nos serviços de saneamento básico só piora o quadro.

#### **2.4.1 Agências e órgãos reguladores**

Para dar suporte aos trabalhos do governo, entidades foram criadas para o gerenciamento e monitoramento dos recursos hídricos.

A Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), foi criada a partir da lei estadual nº 14.028, de 26 de março de 2010 como parte do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH) visando consolidar a Política Estadual de Recursos Hídricos (lei nº 12.984/2005).

A APAC tem a missão de “planejar e disciplinar os usos múltiplos da água em âmbito estadual, realizar monitoramento hidrológico, meteorológico e previsões de tempo e clima no Estado”.

Além da APAC, o SIGRH-PE é composto pelos seguintes órgãos:

CRH - Conselho Estadual de Recursos Hídricos é o órgão superior deliberativo e consultivo do Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos.

COBHs - Comitês de Bacia Hidrográfica são parlamentos nos quais a sociedade manifesta seus interesses, define as prioridades para cada bacia hidrográfica, encontra soluções negociadas para os conflitos e acompanha o desempenho da gestão pública.

CONSUS - Conselhos Gestores de Reservatórios são colegiados formados por representantes do poder público, dos usuários de água e da sociedade civil para atuar na área de influência de um açude.

SRHE - Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos é responsável pela formulação e gestão integrada das Políticas de Recursos Hídricos e de Saneamento.

A Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (CPRH) foi criada em 2003, pela lei complementar nº 49.

## 2.5 Parâmetros indicadores da qualidade da água

A água tem grande capacidade de dissolução. Desta forma, mesmo a água sendo um líquido transparente, incolor, inodoro e insípido, ela nunca é encontrada na natureza de forma pura. A depender da origem dela, as concentrações de impurezas podem variar. De todos os elementos químicos conhecidos, grande parte deles são encontrados na água. O gás carbônico resultante da decomposição da matéria orgânica, assim como o existente no solo, quando em contato com a água, dissolvem-se na mesma. As impurezas contidas na água são resultantes do tipo de solo ao qual o corpo hídrico está em contato (RICHTER e NETTO, 1991).

As impurezas podem estar de forma suspensa, coloidal ou dissolvida.

Alguns exemplos de impurezas suspensas são:

- Algas e protozoários (podem causar sabor, odor, cor e turbidez);
- Areia, silte e argila (podem causar turbidez); e
- Resíduos industriais e domésticos.

Alguns exemplos de impurezas em estado coloidal são:

- Bactérias e vírus (alto grau de patogenicidade);
- Substâncias de origem vegetal (podem causar cor, acidez e sabor); e
- Sílica e argilas (podem causar turbidez).

No caso das substâncias dissolvidas, elas compreendem a uma grande variedade de substâncias de origem mineral, como os sais de cálcio e magnésio, por exemplo, compostos orgânicos e gases. Tais substâncias alteram a qualidade da água, e seus efeitos dependem de suas concentrações e composições, assim como do produto de suas reações com outras substâncias também presentes no corpo hídrico.



### 2.5.1 Características físicas da água

As características físicas da água não influenciam nas condições sanitárias, e são fáceis de determinar. A seguir, temos os principais parâmetros físicos e suas definições, de acordo com BRAGA (2005).

#### **Cor**

A água em seu estado puro é incolor, portanto, a presença de cor caracteriza a presença de impurezas, sendo elas dissolvidas ou em suspensão. A cor da água, normalmente, tem origem da decomposição dos vegetais, produzindo ácidos húmicos e tanino. Esses ácidos não oferecem riscos à saúde. O ferro, por sua vez, combinado com a matéria orgânica, podem conferir à água, uma cor de alta intensidade.

A dificuldade da retirada da cor é diretamente proporcional ao pH, ou seja, em pH mais baixo, a remoção é mais facilitada.

A *cor aparente* nada mais é do que a cor acrescida de uma turbidez, que pode ser removida com o processo de centrifugação. Após a retirada da turbidez, a cor restante é conhecida como *cor verdadeira*, resultado das impurezas coloidais presentes com cargas negativas. Desta forma, o processo de coagulação química é adequado para a remoção dela.

#### **Turbidez**

Propriedade de desviar raios luminosos, devido à presença de partículas suspensas na água com tamanho variando desde suspensões até coloides. Pode ser causada por vários materiais, tais como partículas de argila e lodo, esgotos domésticos ou industrial, ou microrganismos em grande quantidade.

#### **pH**

Mede a concentração do íon hidrogênio na água, evidenciando sua condição ácida ou alcalina. A escala vai de 0 até 14, sendo que um pH de 7,0 não tem muito significado na engenharia sanitária, significando apenas que as concentrações de íons de hidrogênio se igualam à das hidroxilas.

## **Sabor e odor**

São associados à presença de poluentes industriais, matéria orgânica em decomposição, algas etc. Sólidos totais, em concentração elevada, também produzem gosto, mas sem odor.

## **Temperatura**

A temperatura elevada acelera as reações químicas, porém, reduz a quantidade de gases dissolvidos, como o oxigênio, causando um aumento do sabor e odor etc.

## **Condutividade elétrica**

Depende da quantidade de sais dissolvidos na água, sendo praticamente proporcional à quantidade desses sais. A determinação da condutividade elétrica nos dá uma estimativa rápida da quantidade desses sólidos na amostra.

### **2.5.2 Características químicas da água**

Determinam de modo mais preciso, e explícito, as características da água, se mostrando assim, mais vantajosas na análise das propriedades de uma amostra. A seguir, temos os principais parâmetros químicos e suas definições, de acordo com BRAGA (2005).

## **Alcalinidade**

Presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, quase sempre de metais alcalinos ou alcalinos-terrosos (sódio, potássio, cálcio, magnésio etc.). A alcalinidade não configura um problema, desde que a salinidade esteja dentro dos limites aceitáveis.

## **Acidez**

A maioria das águas e dos esgotos são tamponados por um sistema composto por dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  e bicarbonatos  $\text{HCO}_3^-$ . A acidez causada pelo  $\text{CO}_2$  está na faixa de pH 4,5 e 8,2, enquanto que a acidez causada por ácidos minerais fortes, oriundos de dejetos industriais, fica com pH abaixo de 4,5.

**Dureza**

Presença de metais alcalinos-terrosos (cálcio, magnésio etc.) e alguns metais de menor intensidade.

**Ferro e manganês**

Conferem à água sabor amargo, ou sensação de adstringência e coloração avermelhada. É altamente prejudicial nas águas utilizadas por lavanderias e indústrias de bebidas gaseificadas. O ferro é facilmente removido da água, com tratamento apropriado.

**Cloretos, sulfatos e sólidos totais**

Conferem à água sabor salino e uma propriedade laxativa. Alto teor de cloretos indica poluição por esgotos domésticos. Tais concentrações não são prejudiciais ao ser humano, exceto quando há problema cardíaco e renal.

**Corrosividade**

A água corrói os metais devido à presença de ácidos minerais, ou soluções de oxigênio, gás carbônico e gás sulfídrico. De modo geral, o oxigênio pode corroer os produtos ferrosos; o gás sulfídrico, os não-ferrosos; e o gás carbônico, os materiais à base de cimento.

**Impurezas orgânicas e nitrogênio**

Impurezas de origem animal ou vegetal, que podem indicar poluição; e os nitratos. A quantidade de nitrogênio pode indicar uma poluição recente ou remota. O nitrogênio pode estar presente nas formas composta, amoniacal, orgânico, nitrito ou nitrato.

Águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são poluídas por uma descarga de esgoto próxima. Enquanto que, concentrações de nitratos indicam uma poluição remota.

**Oxigênio dissolvido (OD)**

A quantidade de oxigênio dissolvido nas águas superficiais depende da quantidade e tipo de matéria orgânica instáveis que a água contenha. O oxigênio possui baixa solubilidade (9,1 mg/l a 20° C).

O oxigênio dissolvido pode ser rapidamente consumido, a depender da demanda de oxigênio dos esgotos domésticos.

### **Demanda bioquímica de oxigênio (DBO)**

Quantidade de oxigênio necessária ao metabolismo das bactérias aeróbias que destroem a matéria orgânica.

### **Demanda química de oxigênio (DQO)**

Avalia a carga de poluição de esgotos domésticos ou industriais, em termos de quantidade de oxigênio necessária para a sua total oxidação, em dióxido de carbono e água.

### **Fenóis e detergentes**

Os fenóis, presentes em resíduos industriais, além de serem tóxicos, quando combinados com o cloro, produzem odor e sabor desagradáveis.

Os detergentes, por sua vez, quando em teores elevados, causam problemas, tais como: sabor desagradável, formação de espuma em águas agitadas, problemas em estação de tratamento de água (ETA) e de esgoto (ETE), em virtude de sua espuma e toxicidade.

### **Compostos tóxicos**

Compostos químicos, quando presentes na água, faz com que ela fique tóxica. Cobre e chumbo são bons exemplos. Tais compostos podem chegar ao corpo hídrico por meio de drenagem de áreas agrícolas, ou mineração.

### **Agrotóxicos**

Substâncias químicas usadas no combate às pragas, como inseticidas, herbicidas, fungicidas etc. Produtos tóxicos ao homem, peixes, e outros animais, quando usado em concentrações acima da concentração crítica.

## **2.5.3 Características biológicas da água**

Basicamente, no ambiente aquático, são encontrados dois tipos de microrganismos. São eles: algas e microrganismos patogênicos. O primeiro deles desenvolve na água todas as suas atividades biológicas, enquanto que o segundo

apenas tem o corpo hídrico como um ambiente transitório, não executando nenhuma atividade biológica no meio (BRAGA, 2005).

### **Algas**

Quando existentes em grandes quantidades, são responsáveis por parte do oxigênio presente na água. Porém, em número elevado, pode acarretar em diversos problemas. São eles: formação de grande massa orgânica, causando formação de lodo e liberação de compostos orgânicos resultando em sabor e odor desagradáveis; formação das camadas de algas na superfície dos reservatórios, dificultando a penetração dos raios solares, reduzindo as quantidades de oxigênio do meio, além de contribuir com o aumento da turbidez da água; quando nas estações de tratamento de água (ETAs), podem entupir filtros de areia, atacar as paredes dos reservatórios e corroer estruturas de ferro e de concreto (BRAGA, 2005).

### **Microrganismos patogênicos**

Sua introdução se dá a partir de despejos sanitários e material fecal. Podem ser bactérias, vírus e protozoários. Tais seres tem sobrevivência limitada no corpo hídrico. As bactérias indicadoras de poluição hídrica são os coliformes fecais, que vivem nos organismos dos seres humanos, e outros animais de sangue quente. Sua maior incidência se dá nas fezes. A *Escherichia Coli* é a mais usada como indicadora de poluição fecal (BRAGA, 2005).

## **2.6 Índice de qualidade das águas (IQA)**

Elaborado em 1970 pelo National Sanitation Foundation (NSF), dos Estados Unidos, com a contribuição de especialistas em qualidade de águas. Cada especialista além de escolher os parâmetros, eles atribuíram pesos a tais parâmetros que seriam avaliados e suas condições.

No Brasil, uma adaptação foi feita e ainda é utilizada pela Companhia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB), desde 1975. As variáveis que são utilizadas no cálculo do IQA são características de efluentes domésticos (e possíveis cargas orgânicas de origem industrial), já que seu uso visa o emprego dessas águas para abastecimento público. O IQA é formado por nove variáveis. São elas: Coliformes

fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido.

O IQA é calculado pelos produtos ponderados das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice, através da seguinte equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

**IQA:** Índice de Qualidade das Águas, variando entre 0 e 100;

**q<sub>i</sub>:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número variando entre 0 e 100, obtido a partir da Curva Média de Variação de Qualidade, referente a tal parâmetro;

**w<sub>i</sub>:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, variando entre 0 e 1, atribuído a partir de sua importância para a conformação global da qualidade; e

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Equação 2}$$

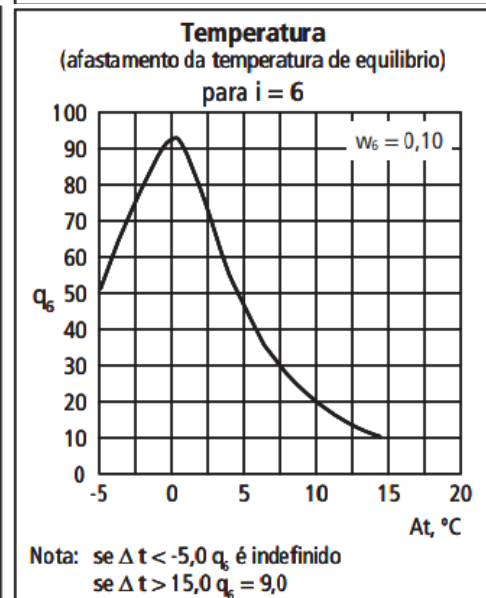
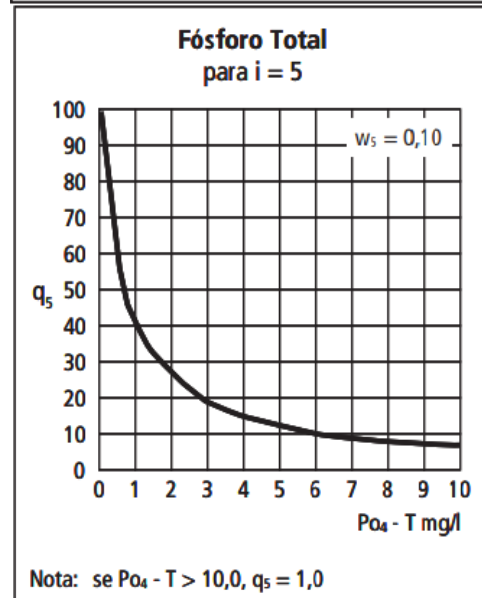
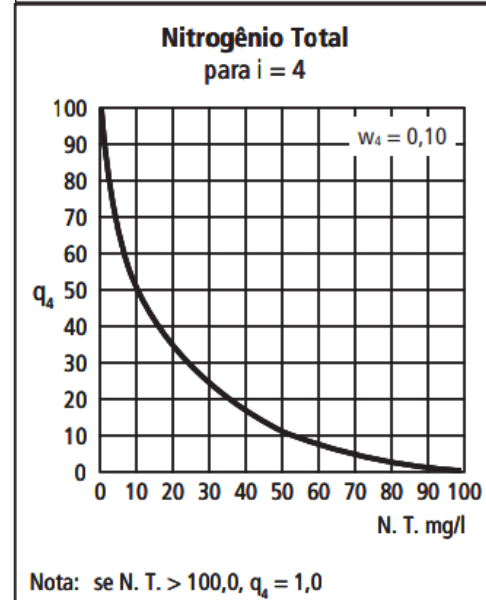
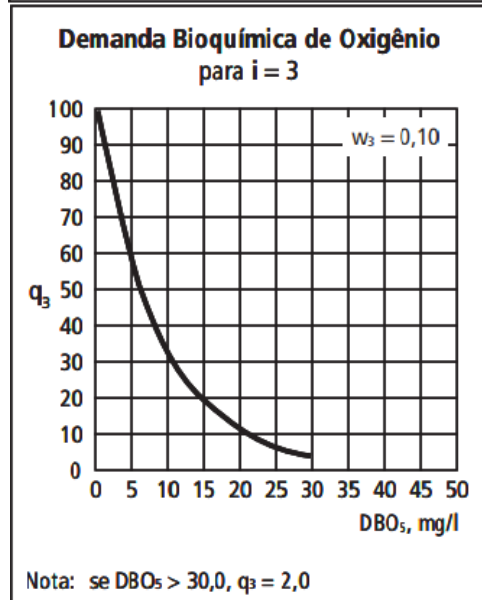
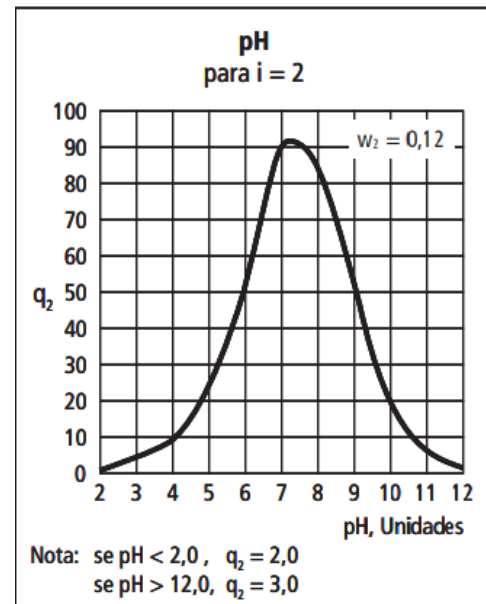
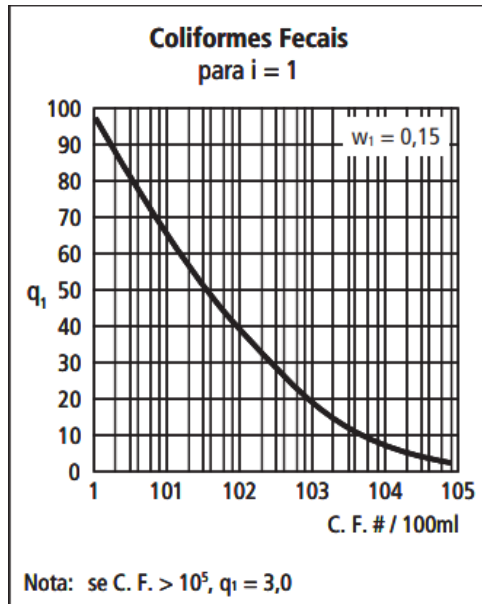
**n:** número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

A Tabela 2.1 contém os parâmetros utilizados e seus respectivos pesos.

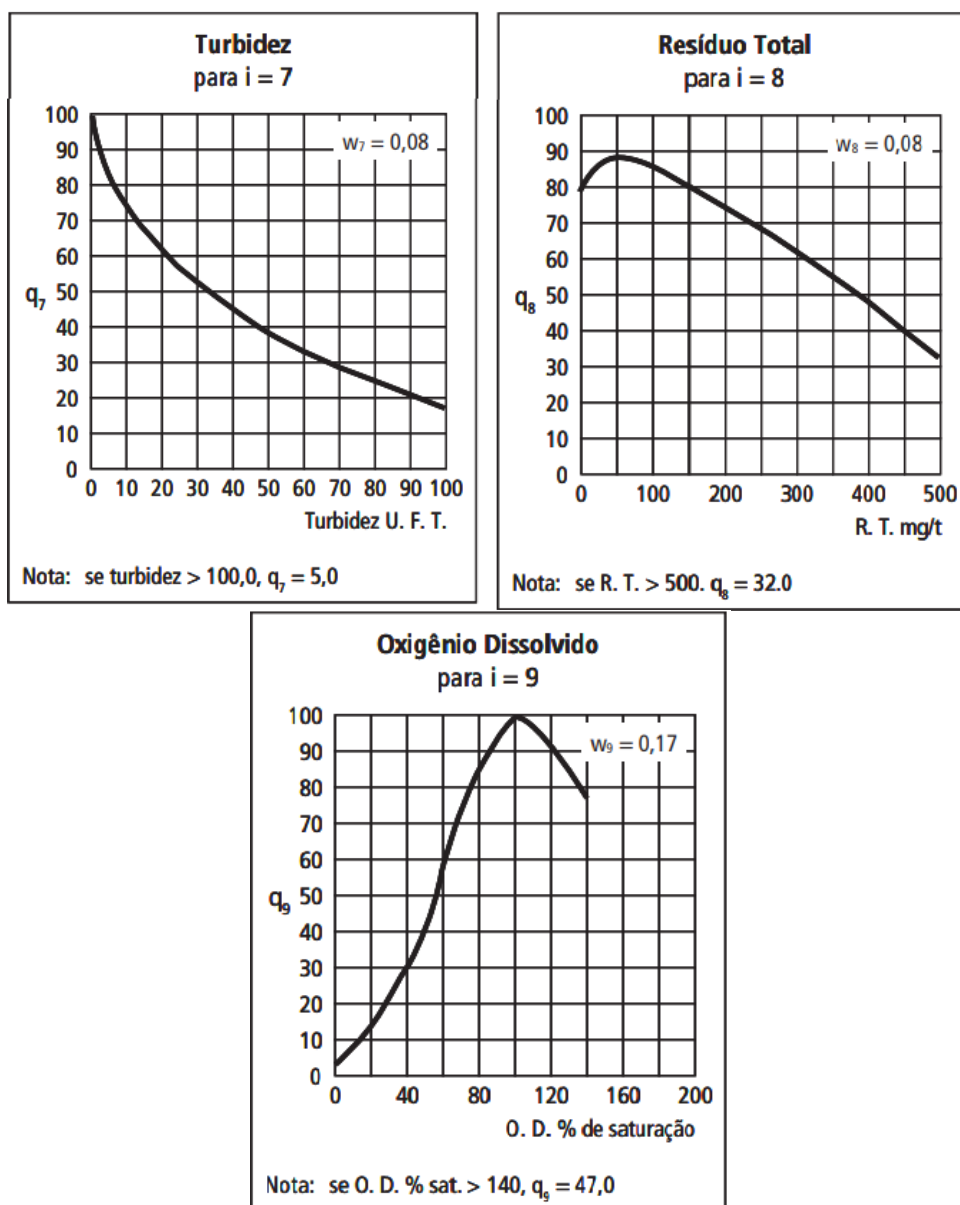
**Tabela 2.1** - Parâmetros que compõem o Índice de Qualidade das Águas (IQA) e seus respectivos pesos.

PARÂMETROS	W
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes fecais	0,15
Potencial de hidrogênio (pH)	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> )	0,10
Temperatura	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Nas páginas seguintes, temos as Curvas Médias de Variação da Qualidade das Águas para todos os nove parâmetros.







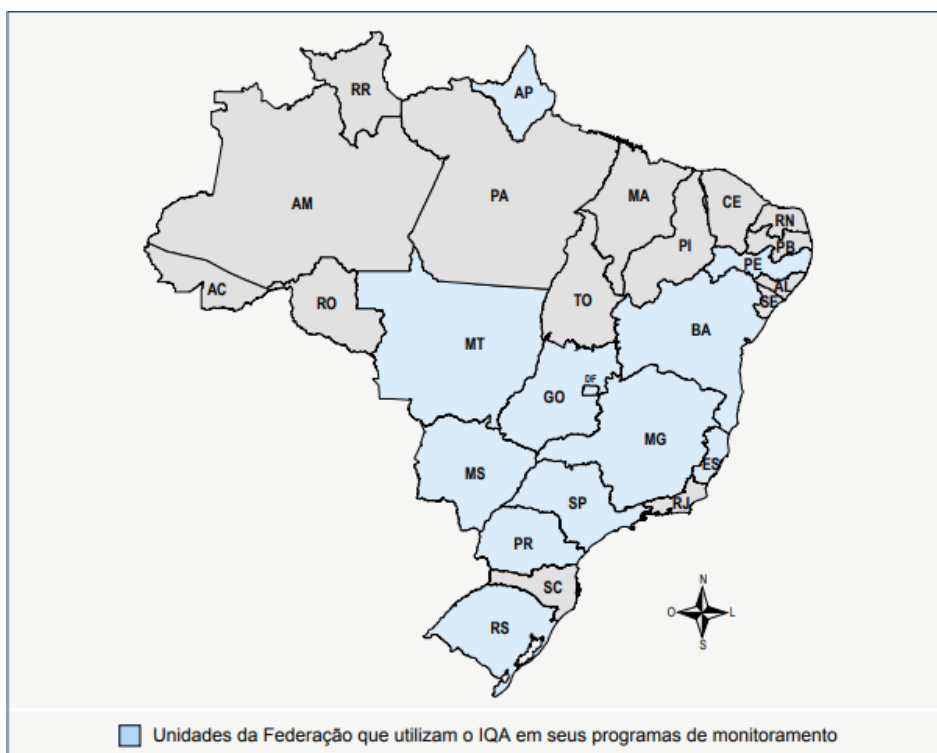
Na Tabela 2.2, temos a classificação dos valores do IQA nos estados brasileiros.

**Tabela 2.2** - Classificação dos valores do Índice de Qualidade das Águas nos estados brasileiros.

VALOR DO IQA (AP, MG, MT, PR, RS)	VALOR DO IQA (BA, GO, ES, MS, PE E SP)	QUALIDADE DA ÁGUA
91 – 100	80 – 100	Ótima
71 – 90	52 – 79	Boa
51 – 70	37 – 51	Aceitável
26 – 50	20 – 36	Ruim
0 – 25	0 – 19	Péssima

Segundo a ANA (2005), 11 estados da federação utilizam o IQA como indicador da condição dos corpos hídricos, sendo o estado de Pernambuco um deles. 60% da população nacional está inserida nestes estados, incluindo-se o Distrito Federal, englobando 7 das 12 regiões hidrográficas brasileiras (Atlântico Sul, Paraguai, Atlântico Sudeste, São Francisco, Paraná, Atlântico Leste e Amazônica). A Figura 2.6 ilustra os estados da federação que utilizam o IQA.

**Figura 2.6** - Estados que utilizam o IQA.



Fonte: ANA (2005)

Segundo a ANA (2005), no estado de Pernambuco, apenas o rio Ipojuca faz uso do IQA, sob responsabilidade da CPRH, dentro do programa de Monitoramento da Qualidade da Água como Controle Ambiental e Gestão de Recursos Hídricos no Estado de Pernambuco, financiado pelo Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA II). Entretanto, segundo o Mapa de Qualidade das Águas 2014, disponibilizado pela CPRH, o IQA está disponível para algumas estações de monitoramento das seguintes bacias: GL-1, GL-2, Capibaribe, Sirinhaém, Una, Ipanema, Moxotó, Pajeú, Terra Nova, Brígida, Garças, Pontal e GI 8 (CPRH, 2014).

## 2.7 Classificação da água

A água em sua forma pura é dificilmente encontrada na natureza. A presença de minerais, seres patogênicos, a depender de suas origens e concentrações podem caracterizar a água de acordo com o seu grau e tipo de poluição. Abaixo, temos algumas definições que serão úteis neste trabalho.

- **Água bruta:** Água que não passou por nenhuma forma de tratamento simplificado ou convencional, proveniente de rio represa, lago, lençol freático, nascente, estuário, mar etc.
- **Água bruta em profundidade:** Todas as profundidades superiores a 30 centímetros da lâmina d'água até 1 metro acima do fundo.
- **Água industrial:** Água utilizada exclusivamente em processo industrial, como matéria-prima ou parte do sistema de produção.
- **Água pluvial:** Água proveniente da precipitação atmosférica (água de chuva).
- **Água residuária:** Despejo ou resíduo líquido proveniente de atividades domésticas (efluentes domésticos), industriais (efluentes industriais), comerciais, agrícolas, e outras, bem como as de sistemas de tratamento e disposição de resíduos sólidos.
- **Água subterrânea:** Água de subsolo que ocupa a zona saturada; num sentido geral, toda a água situada abaixo da superfície do solo.
- **Água tratada:** Água destinada ao consumo humano, submetida a algum tipo de tratamento convencional (ETA – Estação de Tratamento de Água) ou simplificado (filtração, cloração, fluoretação etc.).

O presente trabalho se baseou em análises de água bruta em profundidade.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se ter uma coleta de dados representativa, alguns aspectos devem ser levados em consideração, como: os usos previstos para o corpo d'água, os riscos à saúde da população, os danos aos ecossistemas, a toxicidade das substâncias químicas, os processos industriais e as medidas de vazão. Com essas informações, técnicas e metodologias de coletas podem ser planejadas, definindo os locais de amostragem e seleção dos parâmetros a serem analisados (ANA, 2011).

Os parâmetros analisados neste trabalho foram: coliformes fecais, oxigênio dissolvido, pH, temperatura e turbidez. A justificativa da escolha de tais parâmetros foi a importância destes para a água destinada ao consumo humano, e limitação dos métodos de análises disponíveis do Laboratório de Engenharia Ambiental (LEA), do campus da UFPE-CAA.

As 4 (quatro) amostras foram coletadas entre os meses de abril e julho de 2018, em intervalos e horários semelhantes (segunda semana do mês, entre às 9:00 e 10:00 da manhã), a fim de se obter os dados mais significativos possíveis. Todas as análises foram realizadas no LEA.

#### 3.1 Metodologia

Para todos os parâmetros analisados, foram adotadas as seguintes metodologias de análises:

- Coliformes fecais: obtido através do procedimento Colilert®.
- Oxigênio dissolvido: obtido através do medidor multiparâmetro.
- pH: obtido a partir do medidor de pH digital.
- Temperatura: obtido através do medidor multiparâmetro.
- Turbidez: obtido através do Turbidímetro

As Figuras 3.1 e 3.2 mostram os resultados em alguns instrumentos de medição utilizados.

**Figura 3.1 - Turbidímetro.**



Fonte: Autor (2018)

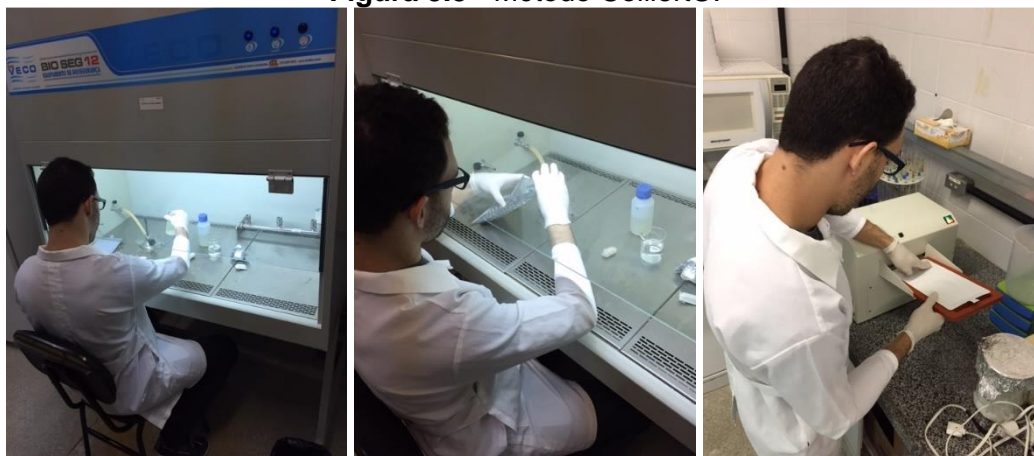
**Figura 3.2 – Medidor multiparâmetro.**



Fonte: Autor (2018)

A Figura 3.3 mostra algumas etapas do procedimento de preparo para o método Colilert® de análise microbiológica (coliformes fecais e totais).

**Figura 3.3 - Método Colilert®.**



Fonte: Autor (2018)

Além dos resultados das coletas realizadas entre os meses de abril e julho de 2018, o presente trabalho apresenta dados obtidos no banco de dados da ANA. Tais dados são referente aos anos de 2005, 2006 e 2008 (período chuvoso e de estiagem). Os dados disponibilizados são os necessários para o cálculo do IQA (Oxigênio dissolvido, coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, fosfato total, temperatura, nitrogênio total, turbidez e sólidos totais). Portanto, nem todos esses parâmetros foram possíveis de obter nas coletas em campo, fazendo-se o cálculo do IQA exclusivamente com os dados da ANA.

Apenas os parâmetros obtidos nas coletas e no banco de dados da ANA (OD, pH, temperatura, turbidez e coliformes fecais) foram utilizados para análise temporal (2005, 2006, 2008 e 2018).

### 3.2 Equipamentos

A fim de se obter os parâmetros físicos, químicos e biológicos, é necessária a utilização de equipamentos que garantam a qualidade das amostras coletadas. Os tipos de coletores variam com a profundidade em que a amostra é extraída, são eles: amostradores de superfície, de profundidade e de fundo. Abaixo, temos os equipamentos que foram utilizados neste trabalho.

### **3.2.1 Amostrador de superfície**

#### **3.2.1.1 Balde de inox**

Comumente utilizado, deve ser confeccionado em inox AISI 316L polido, para evitar a formação de incrustações nas costuras de solda (ver Figura 3.4). Quando a coleta tem por finalidade a análise de parâmetros biológicos, o mesmo deve ser auto clavado. Caso a coleta não tenha esse fim, a esterilização não é necessária, precisando apenas ambientar o balde com água do próprio local, ou seja, devemos lavar o balde com a água do próprio ambiente da coleta, para, então, iniciar a coleta da mesma.

**Figura 3.4 - Balde de Inox.**



Fonte: ANA (2011)

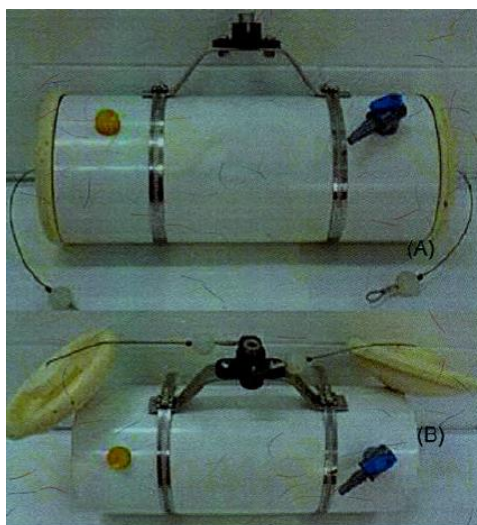
### **3.2.2 Amostrador de profundidade**

#### **3.2.2.1 Garrafa de Van Dorn**

Permite a coleta de amostras tanto na superfície, quanto em diferentes profundidades. Além deste tipo de garrafa, também é utilizado o modelo de Niskin. Indicado para ensaios que requerem amostras de volume relativamente pequeno. Pode ser confeccionada com tubo cilíndrico de PVC rígido, acrílico ou de aço inox AISI 316L, com capacidade variadas, como 2L e 6L, por exemplo.

A Figura 3.5 demonstra a garrafa de Van Dorn de fluxo horizontal desmontada. Esta garrafa foi utilizada neste trabalho.

**Figura 3.5** - Garrafa de Van Dorn de fluxo horizontal.



Fonte: ANA (2011)

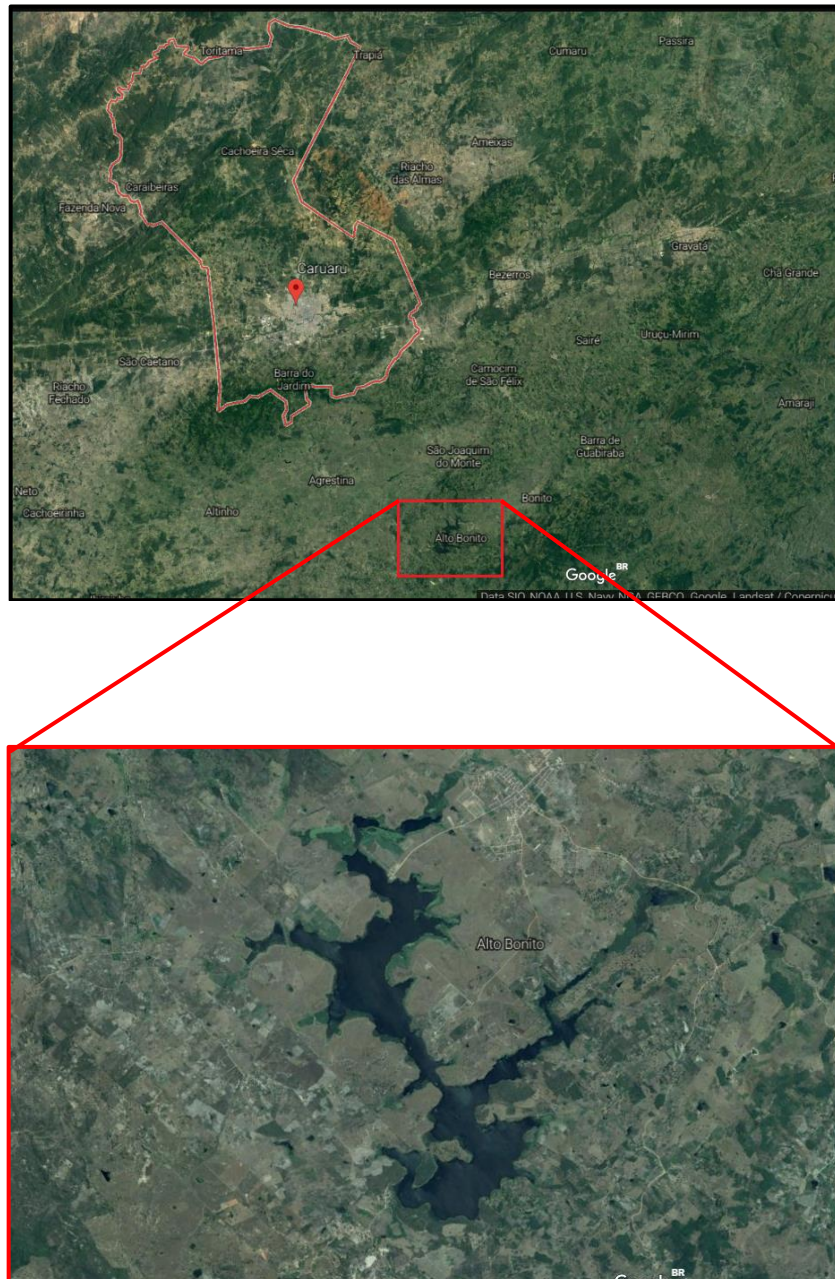
### 3.3 Descrição da área de estudo

A Barragem do Prata (municípios de São Joaquim do Monte e Belém de Maria) está inserida na Unidade de Planejamento Hídrico UP5, correspondente à bacia hidrográfica do rio Una, localizada ao sul do litoral do Estado de Pernambuco, entre 08°17'14" e 08°55'28" de latitude sul, e 35°07'48" e 36°42'10" de longitude oeste (APAC, 2018).

A Figura 3.6 ilustra a sua posição geográfica em relação à cidade de Caruaru.



**Figura 3.6 - Localização da barragem do Prata.**



Fonte: Autor (2018)

A bacia do rio Una limita-se: ao norte, com as bacias dos rios Ipojuca (UP3) e Sirinhaém (UP4), e o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 4 – GL4 (UP17); ao sul, com a bacia do rio Mundaú (UP6), o Estado de Alagoas, o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 5 – GL5 (UP18) e o grupo de bacias de pequenos rios interiores 1 – GI1 (UP20); a leste, com o Oceano Atlântico, a bacia do rio Sirinhaém, o GL4 e GL5; e a oeste, com as bacias do rio Ipojuca e Ipanema (UP7)(APAC, 2018).

A Figura 3.7 ilustra a posição da bacia hidrográfica do rio Una, com relação às demais bacias hidrográficas do estado.

**Figura 3.7** - Bacias hidrográficas do estado de Pernambuco.



Fonte: SRHE (2018)

Segundo dados da APAC, o reservatório tem capacidade de 42.147.000 m<sup>3</sup>, sendo assim, o segundo maior reservatório da bacia hidrográfica, atrás apenas do reservatório de Serro Azul (município de Palmares), que tem capacidade de 303.277.000 m<sup>3</sup>. Em 13 de junho de 2018 (ver Figura 3.8), a Barragem do Prata estava com 42.491.000 m<sup>3</sup>, o equivalente a 100,8% de sua capacidade.

**Figura 3.8** - Barragem do Prata, 13 de junho de 2018.



Fonte: Autor (2018)

Durante o período das coletas, foi-se observado um aumento gradativo da vegetação próxima ao corpo da barragem, podendo ser observado na Figura 3.8, tirada a partir do acesso localizado na crista da barragem. A região do entorno do reservatório aparentou estar bem preservada, não sendo observada áreas de plantios. Não foi observado a presença de animais (gado, cabras, etc) nas redondezas, também.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Parâmetros físicos, químicos e microbiológicos

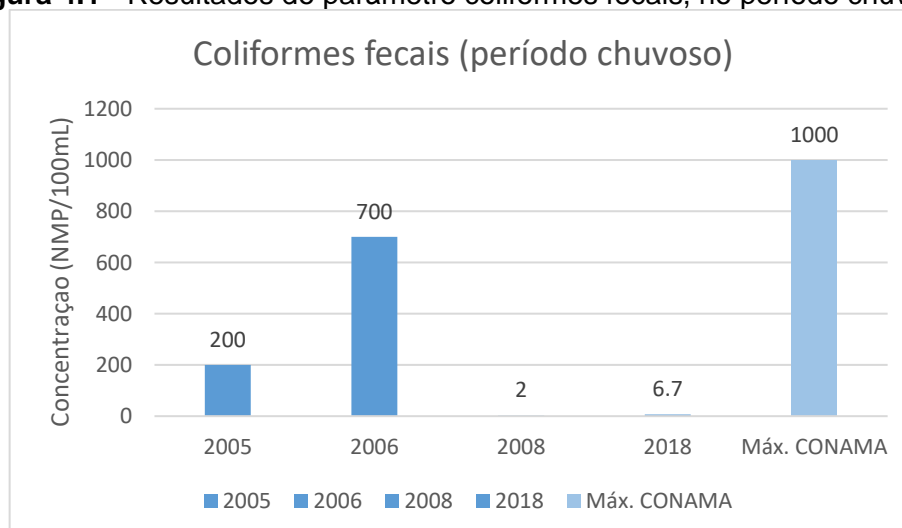
Como o estudo foi feito durante o período chuvoso de 2018, os resultados referentes ao período de estiagem só levaram em consideração os dados da ANA, dos anos de 2005, 2006 e 2008.

#### 4.1.1 Coliformes fecais

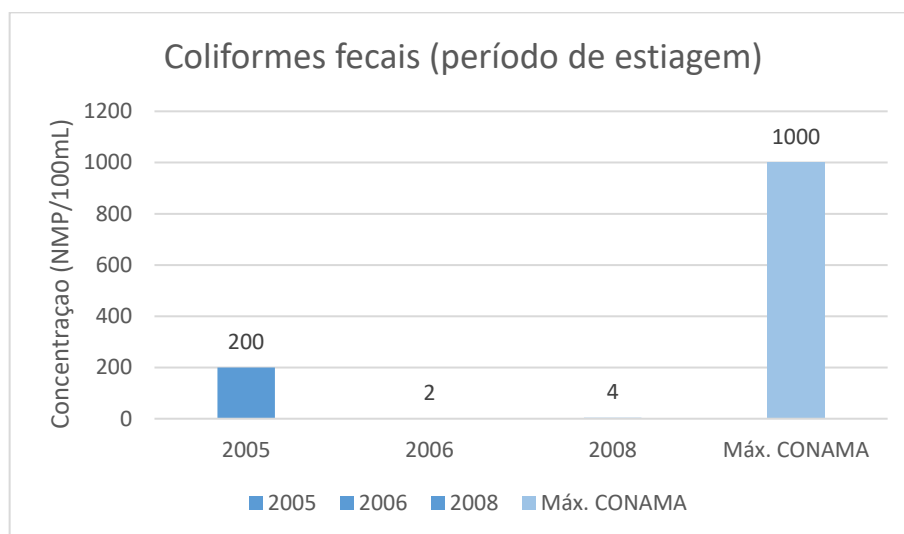
A resolução nº 357/2005 da CONAMA, em seu artigo 15, inciso II, diz que “a E. Coli poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliformes termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente”. A CPRH adota como valor limite 1.000 NMP/100mL (Classe 2). Devido as amostras analisadas terem como o valor máximo de 12,1 NMP/100mL e médio de 6.7 NMP/100mL, o que é um valor baixo (inferior ao limite permitido de 200 NMP/100mL para Classe 1), a qualidade da água para este parâmetro é excelente. Para os resultados da ANA, o valor máximo obtido foi de 700 NMP/100mL, permanecendo abaixo do limite da CPRH para Classe 2.

As Figuras 4.1 e 4.2 contêm os resultados obtidos para o parâmetro coliformes fecais, no período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

**Figura 4.1** - Resultados do parâmetro coliformes fecais, no período chuvoso.



**Figura 4.2** - Resultados do parâmetro coliformes fecais, no período de estiagem.

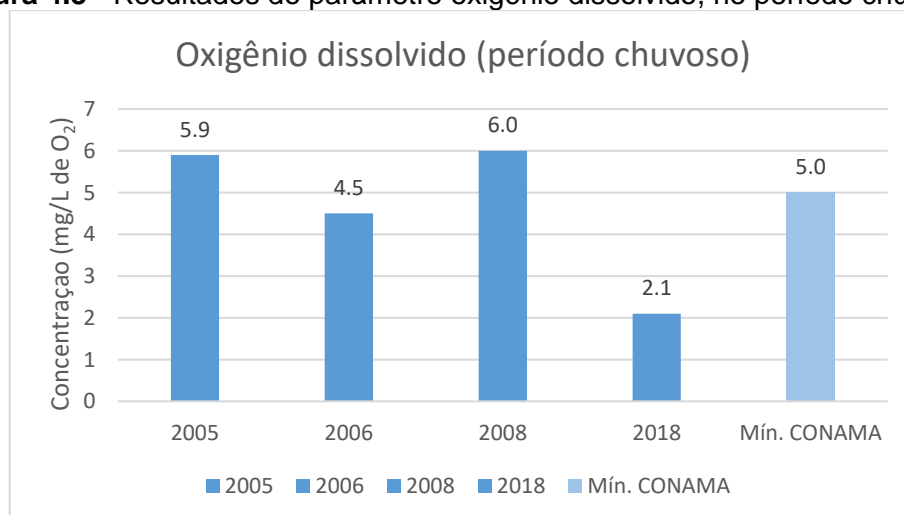


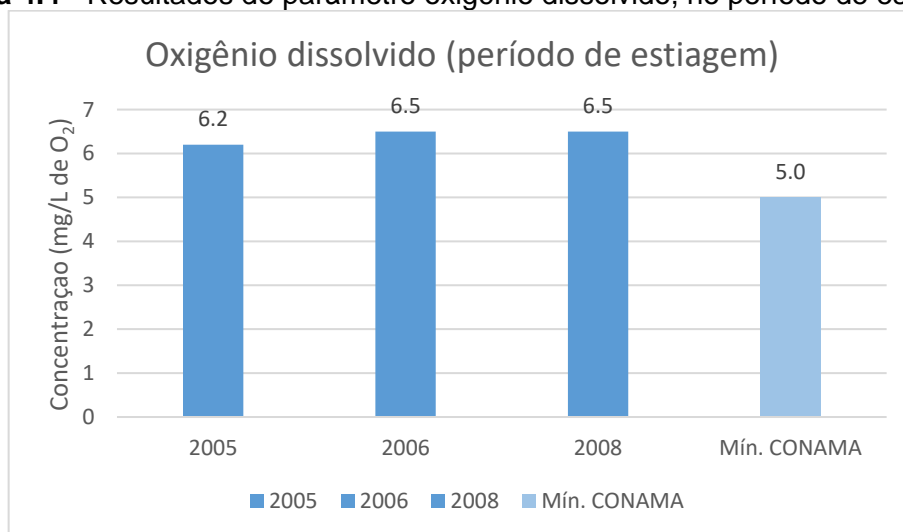
#### 4.1.2 Oxigênio dissolvido

Os valores obtidos deram abaixo do esperado para um corpo hídrico de Classe 2. As amostras ficaram com OD médio de 2,1 mg O<sub>2</sub>/L e coeficiente de variação de 11%, enquanto que o valor mínimo aceitável é de 5,0 mg O<sub>2</sub>/L. Este valor tão baixo se relaciona à Classe 4, o que não condiz com a realidade. Para os resultados da ANA, apenas no período chuvoso de 2006 que o valor ficou ligeiramente abaixo do mínimo de 5,0 mg O<sub>2</sub>/L, enquanto que no período de estiagem, todos os valores deram acima do mínimo.

As Figuras 4.3 e 4.4 contêm os resultados obtidos para o oxigênio dissolvido, no período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

**Figura 4.3** - Resultados do parâmetro oxigênio dissolvido, no período chuvoso.

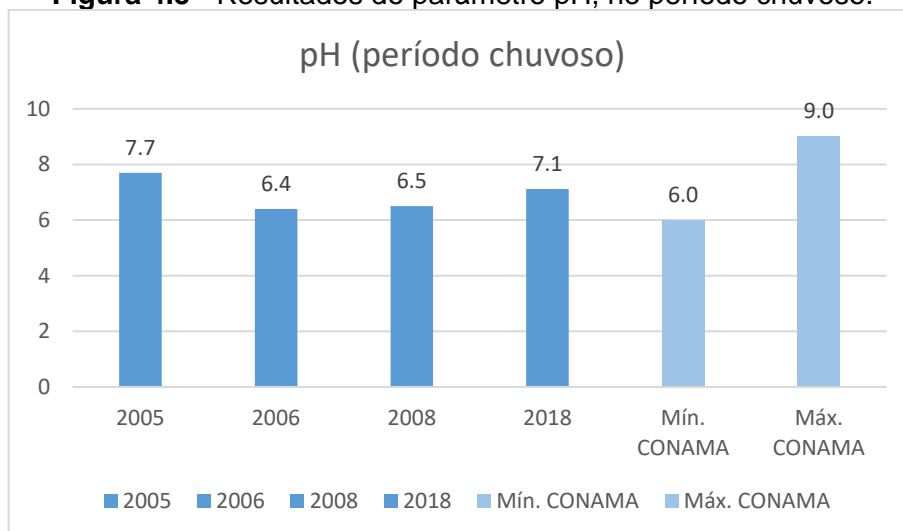


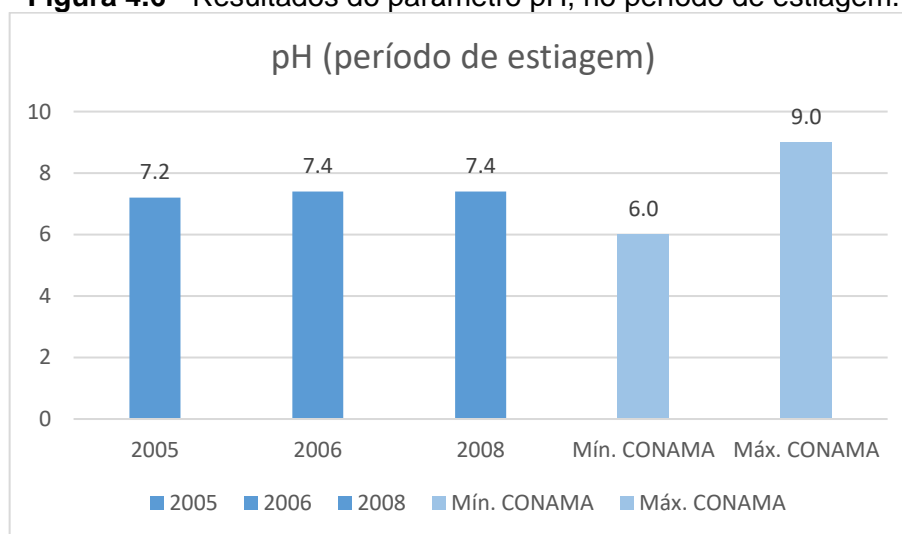
**Figura 4.4** - Resultados do parâmetro oxigênio dissolvido, no período de estiagem.

#### 4.1.3 Potencial hidrogeniônico - pH

A mesma resolução especifica que o pH esteja entre 6 e 9 para todas as classes de água doce, logo, como todas as amostras analisadas obtiveram valor mínimo de 6,83 e máximo de 7,43, com valor médio de 7,12 e coeficiente de variação de apenas 3%, tais resultados são excelentes. O mesmo resultado foi obtido para os dados da ANA, no período chuvoso e de estiagem dos anos observados.

As Figuras 4.5 e 4.6 contêm os resultados obtidos para o pH, no período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

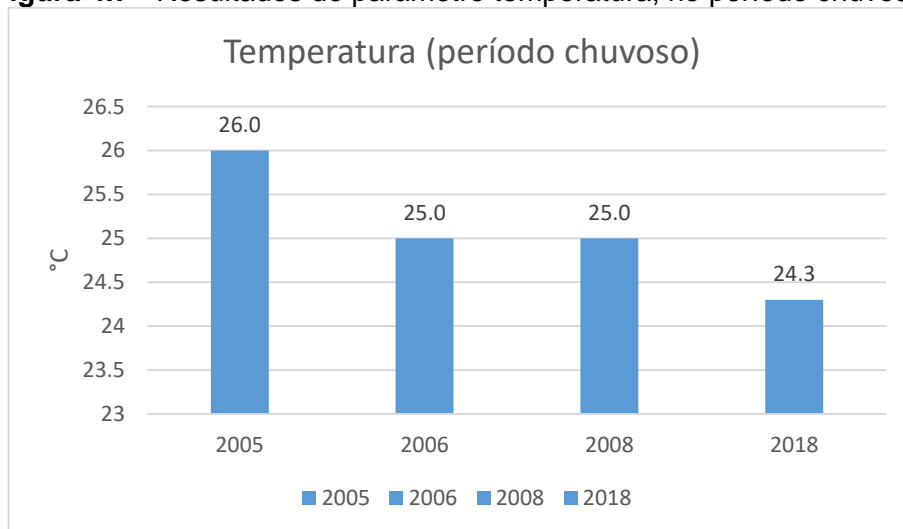
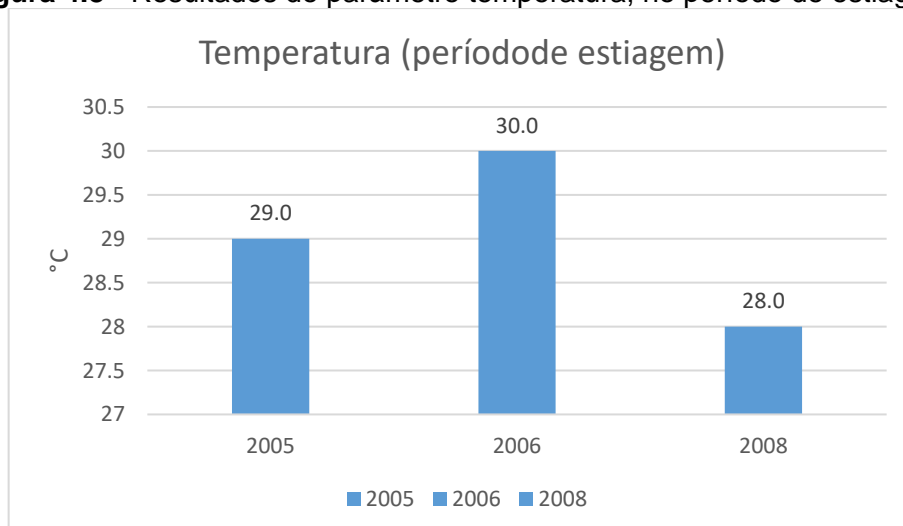
**Figura 4.5** - Resultados do parâmetro pH, no período chuvoso.

**Figura 4.6** - Resultados do parâmetro pH, no período de estiagem.

#### 4.1.4 Temperatura

Não há um valor limite para este parâmetro. Houve um decréscimo na temperatura, justificado com a mudança do clima nesta época do ano. A amostra do mês de abril esteve com a máxima temperatura de 27,7 °C, enquanto que a amostra do mês de julho esteve com a mínima temperatura de 21,8 °C; valor médio de 24,3 °C e coeficiente de variação de 11%. Altas temperaturas aceleram as reações químicas, porém reduzem a quantidade de gases dissolvidos. Para os dados da ANA, a temperatura reduziu com o passar dos anos, no período chuvoso; e se manteve elevada, no período de estiagem, com valores superiores aos dos períodos de chuvas.

As Figuras 4.7 e 4.8 contém os resultados obtidos para a temperatura, no período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

**Figura 4.7** - Resultados do parâmetro temperatura, no período chuvoso.**Figura 4.8** - Resultados do parâmetro temperatura, no período de estiagem.

#### 4.1.5 Turbidez

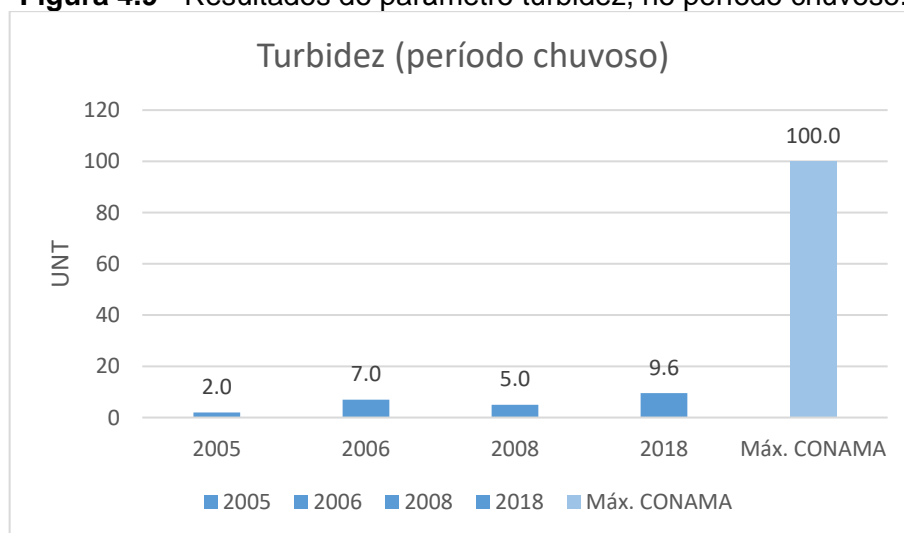
A mesma resolução limita o valor da turbidez em 100 UNT (Classe 2), o que é bem superior aos valores obtidos, sendo estes valores até inferiores ao limite de 40 UNT, para a Classe 1. O valor máximo de turbidez das amostras foi de 14,86 UNT (mês de junho), mínimo de 5,24 UNT (mês de abril) e médio de 9,56 UNT, com coeficiente de variação de 51%. O aumento da turbidez entre o mês de abril e junho, e sua redução no mês de julho é proporcional aos eventos chuvosos da bacia. Segundo os dados da ANA, os valores para os anos de 2005, 2006 e 2008 (período



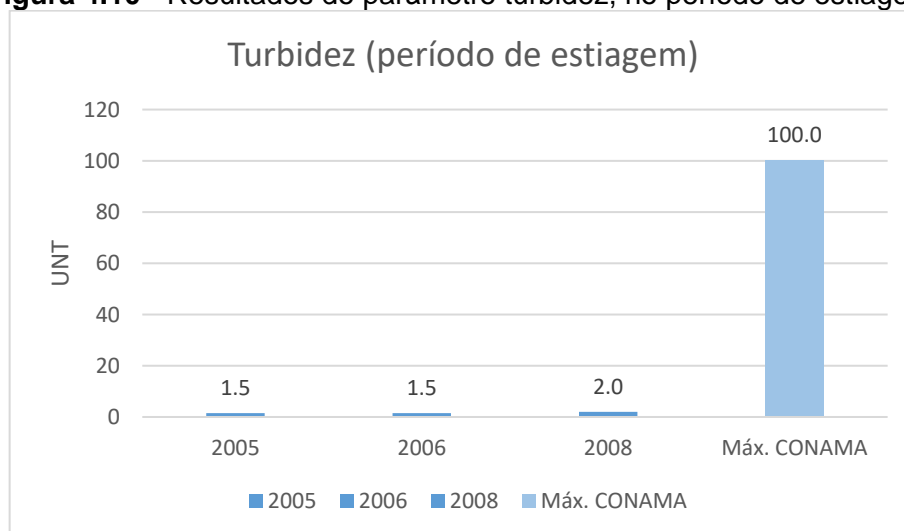
chuvoso e de estiagem) foram ainda menores, o que realça a excelente qualidade da água da barragem.

As Figuras 4.9 e 4.10 contém os resultados obtidos para a turbidez, no período chuvoso e de estiagem, respectivamente.

**Figura 4.9** - Resultados do parâmetro turbidez, no período chuvoso.



**Figura 4.10** - Resultados do parâmetro turbidez, no período de estiagem.



## 4.2 Índice de qualidade das Águas - IQA

O site da ANA disponibiliza informações sobre suas análises na Barragem do Prata apenas dos anos de 2005, 2006 e 2008. A seguir, a Tabela 4.1 contém os dados referentes ao período seco, e a Tabela 4.2 com dados referentes ao período chuvoso.

**Tabela 4.1** - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos disponibilizados no banco de dados da ANA para o período seco.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>NOV/2005</b>	<b>DEZ/2006</b>	<b>NOV/2008</b>
<b>DBO</b> (mg/L de O <sub>2</sub> )	2,0	1,0	2,9
<b>Fósforo Total</b> (mg/L)	0,08	0,03	0,02
<b>Nitratos</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitritos</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrogênio Amoniacal</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrogênio Orgânico</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrogênio Total</b> (mg/L)	0,16	0,11	0,11
<b>OD</b> (mg/L de O <sub>2</sub> )	6,2	6,5	6,5
<b>pH</b>	7,2	7,4	7,4
<b>Resíduo total</b> (mg/L)	115,0	128,0	95,8
<b>Temperatura (°C)</b>	29,0	30,0	28,0
<b>Turbidez (UNT)</b>	1,5	1,5	2,0
<b>Coliformes fecais</b> (NMP/100mL)	200	2	4

**Tabela 4.2** - Resultados dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos disponibilizados no banco de dados da ANA para o período chuvoso.

<b>PARÂMETROS</b>	<b>MAI/2005</b>	<b>JUN/2006</b>	<b>JUL/2008</b>
<b>DBO</b> (mg/L de O <sub>2</sub> )	2,0	2,0	2,8
<b>Fósforo Total</b> (mg/L)	0,01	0,06	0,05
<b>Nitratos</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitritos</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrogênio Amoniacal</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrogênio Orgânico</b> (mg/L)	0,00	0,00	0,00
<b>Nitrogênio Total</b> (mg/L)	0,11	0,34	0,11
<b>OD</b> (mg/L de O <sub>2</sub> )	5,9	4,5	6,0
<b>pH</b>	7,7	6,4	6,5
<b>Resíduo total</b> (mg/L)	119,0	128,0	131,0
<b>Temperatura (°C)</b>	26,0	25,0	25,0
<b>Turbidez (UNT)</b>	2,0	7,0	5,0
<b>Coliformes fecais</b> (NMP/100mL)	200	700	2

#### 4.2.1 IQA para o ano de 2005

A Tabela 4.3 fornece os dados detalhados para o cálculo do IQA representativo do período chuvoso do ano de 2005, enquanto que a Tabela 4.4 fornece dados do cálculo do IQA para o período seco do mesmo ano.

Tabela 4.3 - IQA para o mês de maio, 2005.

PARÂMETROS	W	q	$q^w$
Coliformes fecais	0,15	33,50	1,69
pH	0,12	91,17	1,72
DBO	0,10	78,12	1,55
Nitrogênio total	0,10	99,11	1,58
Fósforo total	0,10	96,26	1,58
Temperatura	0,10	94,00	1,57
Turbidez	0,08	94,98	1,44
Resíduo total	0,08	84,10	1,43
Oxigênio Dissolvido	0,17	81,98	2,11
IQA	BOA		<b>76,91</b>

Tabela 4.4 - IQA para o mês de novembro, 2005.

PARÂMETROS	W	Q	$q^w$
Coliformes fecais	0,15	33,50	1,69
pH	0,12	92,37	1,72
DBO	0,10	78,12	1,55
Nitrogênio total	0,10	98,70	1,58
Fósforo total	0,10	79,07	1,55
Temperatura	0,10	94,00	1,57
Turbidez	0,08	96,25	1,44
Resíduo total	0,08	84,45	1,43
Oxigênio Dissolvido	0,17	88,73	2,14
IQA	BOA		<b>76,63</b>

#### 4.2.2 IQA para o ano de 2006

A Tabela 4.5 fornece os valores fornece os dados detalhados para o cálculo do IQA representativo do período chuvoso do ano de 2006, enquanto que a Tabela 4.6 fornece dados do cálculo do IQA para o período seco do mesmo ano.

Tabela 4.5 - IQA para o mês de junho, 2006.

PARÂMETROS	W	Q	$q^w$
Coliformes fecais	0,15	23,36	1,60
pH	0,12	76,96	1,68
DBO	0,10	78,12	1,55
Nitrogênio total	0,10	97,26	1,58
Fósforo total	0,10	83,64	1,56
Temperatura	0,10	94,00	1,57
Turbidez	0,08	83,33	1,42
Resíduo total	0,08	83,81	1,43
Oxigênio Dissolvido	0,17	53,86	1,97
IQA	BOA		64,73

Tabela 4.6 - IQA para o mês de dezembro, 2006.

PARÂMETROS	W	Q	$q^w$
Coliformes fecais	0,15	90,07	1,96
pH	0,12	92,47	1,72
DBO	0,10	88,37	1,57
Nitrogênio total	0,10	99,11	1,58
Fósforo total	0,10	91,00	1,57
Temperatura	0,10	94,00	1,57
Turbidez	0,08	96,25	1,44
Resíduo total	0,08	83,17	1,42
Oxigênio Dissolvido	0,17	92,55	2,16
IQA	ÓTIMA		91,86

#### 4.2.3 IQA para o ano de 2008

A Tabela 4.7 fornece os valores fornece os dados detalhados para o cálculo do IQA representativo do período chuvoso do ano de 2008, enquanto que a Tabela 4.8 fornece dados do cálculo do IQA para o período seco do mesmo ano.

Tabela 4.7 - IQA para o mês de julho, 2008.

PARÂMETROS	W	Q	$q^w$
Coliformes fecais	0,15	90,07	1,96
pH	0,12	80,04	1,69
DBO	0,10	70,78	1,53
Nitrogênio total	0,10	99,11	1,58
Fósforo total	0,10	86,03	1,56
Temperatura	0,10	94,00	1,57
Turbidez	0,08	87,76	1,43
Resíduo total	0,08	82,82	1,42
Oxigênio Dissolvido	0,17	81,87	2,11
IQA	ÓTIMA		85,33

Tabela 4.8 - IQA para o mês de novembro, 2008.

PARÂMETROS	W	Q	$q^w$
Coliformes fecais	0,15	80,13	1,93
pH	0,12	92,47	1,72
DBO	0,10	69,91	1,53
Nitrogênio total	0,10	99,11	1,58
Fósforo total	0,10	93,59	1,57
Temperatura	0,10	94,00	1,57
Turbidez	0,08	94,98	1,44
Resíduo total	0,08	85,67	1,43
Oxigênio Dissolvido	0,17	90,39	2,15
IQA	ÓTIMA		88,18

Como pode ser observado, a qualidade da água para os anos de 2005, 2006 e 2008, segundo os dados da ANA, variou entre **boa** e **ótima**, dependendo do período de análise. De forma geral, a qualidade da água é excelente.

### 4.3 Considerações

Devido às limitações na continuidade deste trabalho, não foi possível fazer o mesmo estudo para o período seco deste ano. Portanto, a fim de melhorar os resultados obtidos, uma análise de tal período seria interessante. Além disso, a análise dos demais parâmetros também melhoraria o resultado final, tal como o cálculo do Índice de Estado Trófico. A vegetação próxima ao corpo da barragem que cobre parte do espelho d'água pode ser a razão pela qual o OD deu valores tão baixos, o que não foi registrado em anos anteriores. Um estudo da influência desta vegetação na qualidade da água seria ideal.

## **5 CONCLUSÃO**

Através das análises das amostras coletadas, foi possível concluir que a qualidade da água da barragem do Prata, em Pernambuco, corpo hídrico de água doce natural, é excelente. Os parâmetros analisados, em sua maioria, ficaram com concentrações abaixo dos valores limites da Classe 1 ou Classe 2, de acordo com a resolução nº 357/05 da CONAMA. Tal resultado foi reforçado pelo cálculo do IQA, a partir dos dados históricos disponíveis no banco de dados da ANA, para os períodos secos e chuvosos na região de estudo.

Portanto, a qualidade da água do reservatório é boa e adequada para consumo humano, sendo o tratamento convencional das ETAs Petrópolis e Salgado garantias de sua potabilidade.



## REFERÊNCIAS

ANA. MMA. *Geo Brasil: Recursos Hídricos*: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Brasília, 2007. 60 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Monitoramento da Qualidade da Água em Rios e Reservatórios*: Bases conceituais para monitoramento de águas continentais. Brasília, 2013. 39 p. Disponível em: <[http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/76/4/Unidade\\_2.pdf](http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/76/4/Unidade_2.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. *Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil*. Brasília, 2005. 176 p. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DA\\_QUALIDADE\\_DAS\\_AGUAS.pdf](http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf)>. Acesso em: 09 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. *Resolução n. 724, de 3 de outubro de 2011*. Estabelece procedimentos padronizados para a coleta e preservação de amostras de águas superficiais para fins de monitoramento da qualidade dos recursos hídricos, no âmbito do Programa Nacional de Avaliação da Qualidade das Águas (PNQA). *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 19 out. 2011. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/resolucoes/2011/724-2011.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

APAC. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. *Boletim de Monitoramento de Reservatórios*. Recife, 2018. 1 p. Disponível em: <[www.apac.pe.gov.br/arquivos\\_portal/boletinsreservatorios/Boletim\\_Monitoramento\\_Reservatorios\\_13\\_06\\_2018.pdf](http://www.apac.pe.gov.br/arquivos_portal/boletinsreservatorios/Boletim_Monitoramento_Reservatorios_13_06_2018.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMA. *Bacias hidrográficas*. Recife, 2018. Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5)>. Acesso em: 14 jun. 2018.

BACCI, D. de L. C.; PATACA, E. M. *Educação para a água*. Estud. av. São Paulo, v. 22, n. 63, p. 221-226, 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010340142008000200014&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010340142008000200014&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 03 dez. 2017.

BRAGA, B. et al. *Introdução à Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2005. 336 p.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil*. Brasília, 5 out. 1988. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao\\_compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao_compilado.htm)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formação e aplicação, e dá outras providências. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 02 set. 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.html](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.html)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Dispõe sobre a criação do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos e institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 09 jan. 1997. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Lei n. 13.501, de 30 de outubro de 2017*. Dispõe sobre a inclusão do aproveitamento de água pluvial como um dos objetivos da lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 31 out. 2017. Disponível em: <[www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm#art1](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm#art1)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Lei n. 24.643, de 10 de julho de 1934*. Dispõe sobre a setorização dos usos múltiplos de água, com a criação de órgãos de gerenciamento e monitoramento das regiões hidrográficas. *Coleção das Leis do Império do Brasil*, Rio de Janeiro, 27 jul. 1934. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Decreto/D24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Decreto/D24643.htm)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Entenda a importância das regiões hidrográficas do Brasil 2017*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2017/03/entenda-a-importancia-das-regioes-hidrograficas-do-brasil>>. Acesso em: 05 jun. 2018.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. *Apêndice D: Índices de Qualidade das Águas*. São Paulo, 2017. 32 p. Disponível em <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/06/Ap%C3%AAndice-D-%C3%8Dndices-de-Qualidade-das-%C3%81guas.pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução n. 357, de 17 de março de 2005*. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da*

República Federativa do Brasil, Brasília, 18 mar. 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

CNRH. CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. *Resolução n. 32, de 15 de outubro de 2003*. Dispõe sobre a divisão do território brasileiro em regiões hidrográficas, com informações sobre as bacias que fazem parte delas e suas delimitações. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, 17 dez. 2003. Disponível em: <[www.cnrh.gov.br](http://www.cnrh.gov.br)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

CPRH. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *PNMA II - índices e indicadores*. Recife: CPRH, [199-?]. 32 p. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br>>. Acesso em: 25 jul. 2018.

\_\_\_\_\_. Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. *Mapa da qualidade das águas superficiais de Pernambuco - 2014*. Recife, 2014. Disponível em: <[http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS\\_ANEXO/mapa%20qualidade%202014;4803010204;20160905.pdf](http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/mapa%20qualidade%202014;4803010204;20160905.pdf)>. Acesso em: 25 jun. 2018.

Escola Educação. *Ciclo da Água*. 2018. Disponível em: <<https://escolaeducacao.com.br/ciclo-da-agua/>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

GARCEZ, L. N. *Elementos da Engenharia Hidráulica e Sanitária*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 1976. 372 p.

IBWC. INTERNATIONAL BOUNDARY & WATER COMMISSION. *Utilization of Water of the Colorado and Tijuana Rivers and of the Rio Grande*. Washington, 1944. 57 p. Disponível em: <<https://www.ibwc.gov/Files/1944Treaty.pdf>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

ICPDR. INTERNATIONAL COMMISSION FOR THE PROTECTION OF THE DANUBE RIVER. *The Danube River Basin*. Vienna, 2011. 24 p. Disponível em: <[https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/icpdr\\_facts\\_figures.pdf](https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/icpdr_facts_figures.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. *Água*. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua.html>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

Mentiras Veríssimas. *Chuvras Frontais ou de Frente. O tipo de chuva mais comum em todo o mundo*. 2013. Disponível em:

<<https://www.mentirasverissimas.com/2013/05/chuvas-frontais-ou-de-frente-chuva-mais-comum-no-mundo-frontal-ciclonica.html>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

Mentiras Veríssimas. *Chuvas Orográficas ou de montanha. Provocadas pela presença de relevo no caminho do vento*. 2013. Disponível em: <<https://www.mentirasverissimas.com/2013/05/chuvas-orograficas-montanha-de-relevo-provocada-pela-barreira-no-caminho-do-vento.html>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

Mentiras Veríssimas. *Chuvas Convectivas ou de convecção. A chuva que acontece no mesmo lugar da evaporação*. 2013. Disponível em: <<https://www.mentirasverissimas.com/2013/05/chuvas-convectivas-de-conveccao-acontece-mesmo-lugar-evaporacao-verao.html>>. Acesso em: 14 jun. 2018.

MS. MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 15 jul. 2018.

\_\_\_\_\_. *Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano*. Brasília, 2006. 212 p. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia\\_controle\\_qualidade\\_agua.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_controle_qualidade_agua.pdf)>. Acesso em: 15 jul. 2018.

NASCIMENTO, M. S. et al. *Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água para fins de abastecimento em São Luís/MA*. In: 10º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE QUALIDADE AMBIENTAL, 2016, Porto Alegre. *Anais eletrônicos...* Porto Alegre: ABES-RS, 2016. Disponível em: <[http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/\\_arqTrabalhos/trab\\_20160912004100\\_000000195.pdf](http://www.abes-rs.uni5.net/centraldeeventos/_arqTrabalhos/trab_20160912004100_000000195.pdf)>. Acesso em: 28 jul. 2018.

PERNAMBUCO. *Lei n. 14.028, de 26 de março de 2010*. Dispõe sobre a criação da Agência Pernambucana de Águas e Climas – APAC, e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado de Pernambuco*, Recife, 27 mar. 2010. Disponível em: <<http://www.legis.alepe.pe.gov.br/texto.aspx?id=608&tipo=TEXTORIGINAL>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; Tundisi, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. São Paulo: Escrituras, 1999. 747 p.

RICHTER, C. A.; NETTO, J. M. A. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. 1. ed. São Paulo: Blucher, 1991. 332 p.

SERH. *Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE*. Recife: SERH, 1998. 76 p. 8 v. Disponível em: <<http://www.srhe.pe.gov.br>>. Acesso em: 26 jul. 2018.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2. ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS, 2001. 943 p.

VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*. 2. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 1996. 452 p.

WURBS, R. A.; JAMES, W. P. *Water Resources Engineering*. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 840 p.

WWF. *Russia's National River*. 2007. Disponível em: <[wwf.panda.org/about\\_our\\_earth/about\\_freshwater/rivers/volga/](http://wwf.panda.org/about_our_earth/about_freshwater/rivers/volga/)>. Acesso em: 14 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. *Yangtze River*. 2007. Disponível em: <[wwf.panda.org/aboutourearth/about\\_freshwater/freshwaterproblems/riverdecline/10riversrisk/yangtze/](http://wwf.panda.org/aboutourearth/about_freshwater/freshwaterproblems/riverdecline/10riversrisk/yangtze/)>. Acesso em: 14 dez. 2017.