



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS**  
**ENGENHARIA DE ALIMENTOS**

**ANDERSON DA ROCHA GOMES**

**MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
BRUTA DA BARRAGEM INHUMAS E SUA INFLUÊNCIA NA  
QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA**

**GARANHUNS – PE**  
**DEZEMBRO – 2018**

**ANDERSON DA ROCHA GOMES**

**MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
BRUTA DA BARRAGEM INHUMAS E SUA INFLUÊNCIA NA  
QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Curso de Engenharia de Alimentos, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. André Felipe de Melo Sales Santos

**GARANHUNS – PE**

**DEZEMBRO – 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

G633m Gomes, Anderson da Rocha

Monitoramento e avaliação da qualidade da água bruta da barragem inhumas e sua influência na qualidade da água tratada  
Anderson da Rocha Gomes. - 2018.

57 f. : il.

Orientador(a): André Felipe de Melo Sales Santos  
Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Alimentos, Garanhuns, BR - PE, 2018.

Inclui referências

1. Água - Análise 2. Água - Estações de tratamento 3. Água - Qualidade I. Santos, André Felipe de Melo Sales, orient. II. Título.

CDD 628.16

**ANDERSON DA ROCHA GOMES**

**MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA  
BRUTA DA BARREGEM INHUMAS E SUA INFLUÊNCIA NA  
QUALIDADE DA ÁGUA TRATADA**

Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Garanhuns – UFRPE/UAG, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia de alimentos.

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof. Dr. André Felipe de Melo Sales Santos**

**Unidade Acadêmica de Garanhuns - UFRPE**

**(Orientador)**

---

**Neemias de Oliveira Gueiros**

**Engenheiro Agrônomo – Supervisor de Articulação**

**Gerência de Meio Ambiente (GMA) – COMPESA/Garanhuns**

**(Examinador)**

---

**Maísa Gonçalves Costa Soares**

**Bacharel em Química, MSc – Analista de Saneamento**

**COMPESA/Garanhuns**

**(Examinador)**

**Garanhuns, 18 de dezembro de 2018.**

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, pelas bênçãos concedidas, por ter sido meu alicerce, me sustentando e dando forças para enfrentar cada perda e cada dificuldade durante cada etapa vivenciada.

Agradeço a minha mãe Solange Rocha, principal influência para formação do meu caráter, por sempre acreditar em mim, me apoiando nos momentos mais difíceis, sem medir esforços para que eu conseguisse chegar até aqui, por cada cuidado, cada puxão de orelha, cada preocupação por passar noites em claro e cada expressão de amor para com minha pessoa me fazem ter certeza que a senhora é a melhor e maior mãe do mundo. Amo você!

A minha esposa Rafaela Dantas, por estar ao meu lado desde o início, me fazendo sentir amado, me incentivando, do jeito ranzinza, mesmo sem perceber, a conseguir alcançar os objetivos durante este curso. O seu amor e o seu companheirismo fazem de mim uma pessoa cada dia melhor. Amo-te!

A minha irmã Letícia Rocha, que conheço e encrengo desde o dia que nasceu. Pelas danças, brincadeiras, raivas e alegrias vividas durante esses anos. Minha melhor e única nutricionista, Te amo!

Aos amigos, obrigado por tornar os momentos vividos memoráveis e por entenderem as vezes que me abduquei de estar com vocês por meu objetivo hoje conquistado. Todos são grandes companheiros marcados na minha vida.

Agradeço ao meu orientador Prof. André Felipe, por toda dedicação e direcionamento durante o processo de construção desse trabalho, pelo tempo investido em mim, sempre me aconselhando da melhor forma perante sua experiência de vida e profissional.

A Maísa Gonçalves, pela sua disponibilidade em ajudar e também pela disponibilização dos dados de controle da qualidade da água para realização deste trabalho.

A COMPESA, por me proporcionar, através do suor do meu trabalho, melhores condições financeiras e de qualidade de vida durante o decorrer da graduação. Além das pessoas incríveis que conheci dentro da instituição e trouxe pra minha vida pessoal.

Agradeço a Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, e todos os docentes do curso de Engenharia de Alimentos, pelo conhecimento passado durante o curso.

A todos que direta ou indiretamente me apoiaram nesta jornada e torceram pelo meu sucesso.

A todos meu muito obrigado!

## RESUMO

A água é um dos recursos indispensáveis a sobrevivência do homem e manutenção dos ecossistemas terrestres. No entanto, além de ser um bem escasso, diversos são os fatores naturais e antrópicos que causam a degradação dos mananciais de água e põem em risco o abastecimento das populações. O estudo e monitoramento dos mananciais que servem os habitantes da região são essenciais para garantir qualidade no abastecimento público. O local escolhido para o trabalho foi a Barragem Inhumas, localizada no município de Palmerina – PE. Já o estudo do tratamento da água foi realizado na estação de tratamento do povoado de Poço Comprido, da cidade Correntes – PE, que recebe água bruta somente da Barragem Inhumas. A ETA em estudo é do tipo compacta fechada. O objetivo deste trabalho é analisar os dados do monitoramento realizado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) da qualidade da água bruta do manancial e verificar sua influência nas oscilações da qualidade da água tratada, através de dados cedidos pela empresa que é responsável pelo tratamento de água da localidade, e ainda, a conformidade ou não com a legislação vigente. Os dados analisados são médias mensais de monitoramento, que contemplam um período de 4 anos, de janeiro de 2014 a dezembro de 2017. Foram analisados seis parâmetros de qualidade da água (cor, turbidez, pH, alcalinidade, alumínio e cloro residual) em relação à precipitação mensal e histórica ocorrida no período de estudo. Com os dados foram confeccionados gráficos de coluna e gráficos Boxplot, para melhor visualização do comportamento dos dados e suas correlações, também foram analisados mediante estatística descritiva. Concluiu-se que a qualidade da água do reservatório interfere na operação da ETA, podendo levar a não conformidade com a legislação. Entretanto a tecnologia utilizada pela ETA compacta fechada garante a qualidade da água mesmo em momentos em que a qualidade da água bruta apresentava fora da normalidade adequada. A unidade opera com níveis satisfatórios, a não ser por dois parâmetros, o pH e o alumínio. Em períodos críticos de estiagem, observou-se a relação direta de alguns parâmetros físicos da água bruta com rebatimento imediato na característica da água tratada.

**Palavras Chave:** água tratada, água bruta; ETA compacta; Inhumas; manancial; qualidade da água; precipitação.

## *Abstract*

*Water is one of the indispensable resources for man's survival and maintenance of terrestrial ecosystems. However, in addition to being a scarce commodity, there are several natural and anthropogenic factors that cause the degradation of water sources and jeopardize the supply of populations. The study and monitoring of the sources that serve the inhabitants of the region are essential to guarantee quality in the public supply. The site chosen for the work was the Inhumas Dam, located in the municipality of Palmerina - PE. The study of water treatment was carried out in the treatment plant of the village of Poço Comprido, in the city Correntes - PE, which receives raw water only from the Inhumas Dam. The ETA under study is of the closed compact type. The objective of this work is to analyze the data from the monitoring performed by Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) on the raw water quality of the source and verify its influence on the oscillations of the treated water quality, through data provided by the company that is responsible for the treatment of locality, as well as compliance with current legislation. The data analyzed are monthly monitoring averages, which contemplate a period of 4 years, from January 2014 to December 2017. Six parameters of water quality (color, turbidity, pH, alkalinity, aluminum and residual chlorine) were analyzed in relation to the monthly and historical precipitation that occurred during the study period. With the data, column charts and Boxplot graphs were made, to better visualize the data behavior and their correlations, were also analyzed through descriptive statistics. It was concluded that the water quality of the reservoir interferes with the operation of the ETA, which may lead to non-compliance with the legislation. However, the technology used by closed compact ETA ensures the quality of the water even at a time when the quality of the raw water was out of the normal range. The unit operates at satisfactory levels, except for two parameters, pH and aluminum. In critical periods of drought, the direct relation of some physical parameters of the raw water with immediate recovery in the characteristic of the treated water was observed.*

**Keywords:** *treated water, raw water; ETA compact; Inhumas; spring; water quality; precipitation.*



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Localização da bacia hidrográfica do Rio Mundaú _____	<b>4</b>
<b>Figura 2</b> - Bacia hidrográfica do Rio Mundaú e suas sub-bacias _____	<b>6</b>
<b>Figura 3</b> - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Inhaúma - PE/AL _____	<b>7</b>
<b>Figura 4</b> - Reservatório Celso Galvão (Barragem Inhumas) _____	<b>8</b>
<b>Figura 5</b> - Fluxograma simplificado do tratamento convencional _____	<b>9</b>
<b>Figura 6</b> - Sistema compacto fechado de tratamento de água _____	<b>12</b>
<b>Figura 7</b> - Fluxograma do processo de tratamento realizado na ETA Poço Comprido _____	<b>13</b>
<b>Figura 8</b> - Bomba dosadora utilizada para dosagem do sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$ _____	<b>13</b>
<b>Figura 9</b> - Filtros lentos e rápidos _____	<b>14</b>
<b>Figura 10</b> - Caixa de armazenamento para distribuição _____	<b>14</b>
<b>Figura 11</b> - Posto pluviométrico n° 512, localizado no paredão da Barragem Inhumas _____	<b>19</b>
<b>Figura 12</b> – Elementos estatísticos representados em um gráfico Boxplot _____	<b>20</b>
<b>Figura 13</b> - Comportamento do nível da Barragem Inhumas em relação à média de precipitações mensais e precipitações mensais históricas _____	<b>22</b>
<b>Figura 14</b> - Comportamento do parâmetro cor com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas _____	<b>25</b>
<b>Figura 15</b> - Gráfico Boxplot para cor da água bruta e da água tratada _____	<b>28</b>
<b>Figura 16</b> - Gráfico Boxplot para cor da água tratada _____	<b>28</b>
<b>Figura 17</b> - Comportamento do parâmetro turbidez com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas _____	<b>31</b>
<b>Figura 18</b> - Gráfico Boxplot para turbidez da água bruta e água tratada _____	<b>33</b>
<b>Figura 19</b> - Gráfico Boxplot para turbidez da água tratada _____	<b>33</b>
<b>Figura 20</b> - Comportamento do parâmetro pH com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas _____	<b>35</b>
<b>Figura 21</b> - Gráfico Boxplot para pH da água bruta e água tratada _____	<b>36</b>
<b>Figura 22</b> - Comportamento do parâmetro alumínio com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas _____	<b>38</b>
<b>Figura 23</b> - Boxplot para alumínio da água tratada _____	<b>37</b>
<b>Figura 24</b> - Comportamento do parâmetro alcalinidade com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas _____	<b>40</b>
<b>Figura 25</b> - Gráfico Boxplot para alcalinidade da água bruta e água tratada. _____	<b>41</b>
<b>Figura 26</b> - Comportamento do parâmetro cloro residual com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas _____	<b>43</b>
<b>Figura 27</b> - Gráfico Boxplot para cloro residual da água tratada. _____	<b>42</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Significado ambiental dos principais parâmetros de caracterização da água. _____	<b>15</b>
<b>Tabela 2</b> - Eficiências da remoção da Cor no período em estudo _____	<b>26</b>
<b>Tabela 3</b> - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Cor _____	<b>27</b>
<b>Tabela 4</b> - Eficiência da remoção da Turbidez no período em estudo _____	<b>29</b>
<b>Tabela 5</b> - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Turbidez _____	<b>32</b>
<b>Tabela 6</b> - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro pH _____	<b>34</b>
<b>Tabela 7</b> - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Alumínio _____	<b>36</b>
<b>Tabela 8</b> - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Alcalinidade _____	<b>39</b>
<b>Tabela 9</b> - Dados estatístico utilizados na análise do parâmetro Cloro residual, com e sem o dado do mês de outubro/2016 _____	<b>41</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	3
2.1	Geral	3
2.2	Específicos	3
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	4
3.1	Bacia hidrográfica do Rio Mundaú	4
3.2	Condições Climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú	5
3.3	A Bacia hidrográfica do Rio Inhaúma	6
3.4	Reservatório Celso Galvão	7
3.5	Tratamento de água para abastecimento	8
3.5.1	Sistema convencional de tratamento de água	10
3.5.2	Componentes do sistema compacto de tratamento	11
3.6	ETA Poço Comprido	12
3.7	Parâmetros de qualidade da água	15
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	18
4.1	Obtenção e tratamento dos dados	18
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	21
5.1	Nível do reservatório e precipitação	21
5.2	Parâmetros físico-químicos	23
5.2.1	Cor	24
5.2.2	Turbidez	28
5.2.3	pH	33
5.2.4	Alumínio	36
5.2.5	Alcalinidade	39
5.2.6	Cloro residual	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	44
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	45

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida, pois participa direta ou indiretamente das necessidades fundamentais dos seres vivos. Ela está presente em grande parte no planeta terra, porém uma parcela ínfima é de água doce, e apropriada para utilização como recurso hídrico. Os recursos hídricos possuem diversas aplicações no dia-a-dia dos usuários, tais como: abastecimento doméstico, industrial, irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, conservação da flora e fauna, geração de energia elétrica, transporte e navegação, diluição de despejos, etc. (BASSOI e GUAZELLI, 2004).

A disponibilidade hídrica sofre ameaças em quantidade e qualidade em decorrência dos efeitos antrópicos que causam a degradação ambiental. Com o aumento da população, sem o devido planejamento, ocorre conseqüentemente uma maior poluição dos mananciais superficiais e subterrâneos, pela falta de medidas sanitárias e tratamento de esgoto, retiradas de maneira excessiva de água dos mananciais para suprir a demanda, rios e outros reguladores sendo desviados, canalizados, represados e drenados (TUCCI, 2001; ADITAL, 2007). Portanto, a população usuária de mananciais superficiais, que são mais susceptíveis a poluição, precisa estar atenta a qualidade da água que utilizam, podendo esta água ser veículo para vários agentes nocivos, de origem biológica e/ou química.

A condição dos corpos hídricos, em relação a sua qualidade, pode ser verificada através da análise de alguns parâmetros que determinam as suas características físicas, químicas e biológicas. No Brasil, o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde (MS) de 03 de outubro de 2017, e a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), apresentam diversos parâmetros que devem ser atendidos para o enquadramento dos corpos hídricos brasileiros, e definem os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Água potável é a água que atenda o conjunto de valores definidos como parâmetros para qualidade da água (BRASIL, 2005; BRASIL, 2017).

A água para consumo humano pode advir de diversas fontes. Uma dessas fontes é a captação de um manancial superficial, recurso utilizado por muitos municípios através da construção de reservatórios. Os reservatórios são construídos para armazenamento de água bruta, que posteriormente passa por um processo de tratamento e é disponibilizada para a

população. Água bruta é uma definição que indica a qualidade da água da forma que é encontrada no manancial. Como citado anteriormente, os mananciais superficiais estão mais sujeitos a variações nos parâmetros de qualidade analisados, devido modificações nas características físicas, químicas e biológicas da água ali presente, influenciadas por fatores antrópicos e não-antrópicos. As variações de precipitação, a conversão das florestas em áreas urbanas, ou áreas de agricultura e pecuária, disposição inadequadas de resíduos sólidos, entre outros, afetam diretamente esses parâmetros da qualidade da água bruta e podem provocar conseqüentemente alterações na qualidade e quantidade da água tratada. Água tratada é uma definição aplicada a água bruta que foi enviada para tratamento em uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Neste trabalho, foram analisados dados do monitoramento da água bruta e tratada por uma Estação de Tratamento de Água (ETA) localizada no Agreste Meridional de Pernambuco, realizado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA). Foram analisados dados históricos do monitoramento de um período de 4 anos (2014-2017) de forma a verificar a influência das condições de qualidade da água bruta (reservatório) na qualidade da água tratada (ETA).

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Geral

Analisar dados do monitoramento realizado pela Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) da qualidade da água bruta de um reservatório (Barragem Inhumas), e sua influência/rebatimento das oscilações da qualidade na água tratada por uma ETA (Poço Comprido).

### 2.2 Específicos

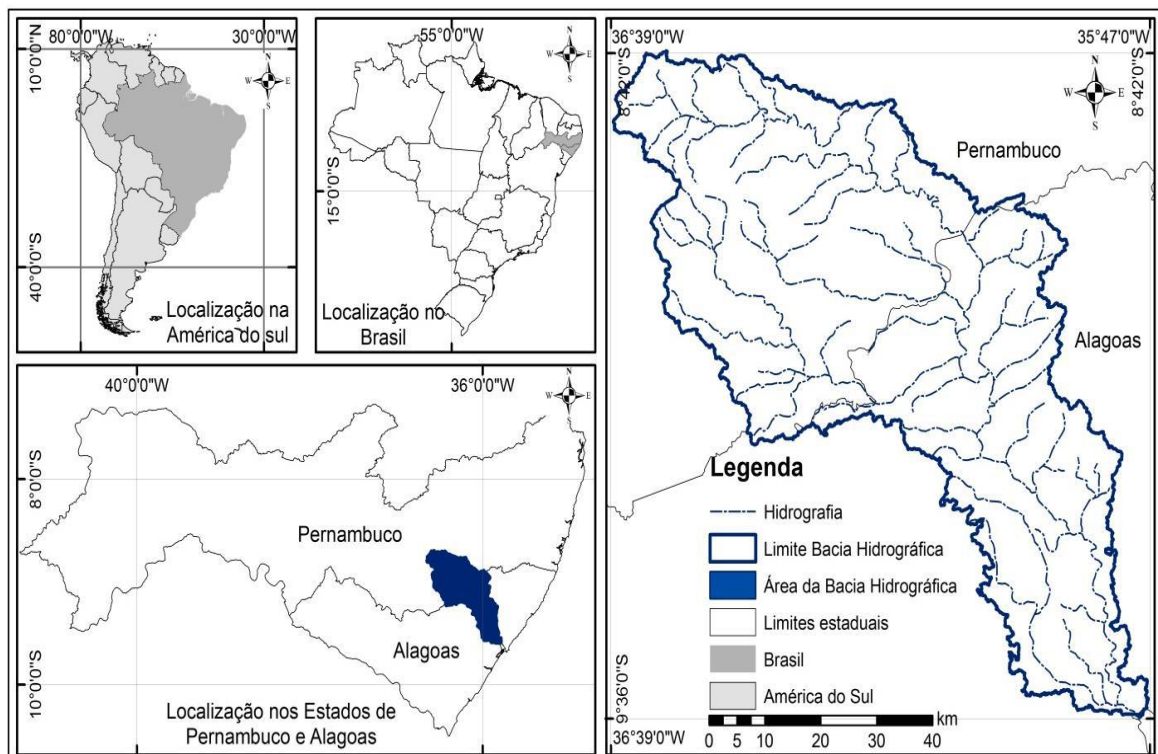
- Compilar dados do monitoramento de 4 anos (2014-2017), verificando tendências e comportamentos observado por meios práticos e estatística descritiva.
- Avaliar a relação de períodos de estiagem na qualidade da água bruta devido oscilações climáticas e do seu rebatimento na qualidade da água tratada;
- Determinar dentre os parâmetros da qualidade da água bruta avaliados quais influenciam mais significativamente na qualidade da água tratada;

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Bacia hidrográfica do Rio Mundaú

A bacia hidrográfica do Rio Mundaú está localizada no noroeste do Estado de Pernambuco e centro-norte-oriental de Alagoas. A mesma possui uma área de 4.090,39 km<sup>2</sup>, dos quais 2.154,26 km<sup>2</sup> (52,7%) estão localizados no Estado de Pernambuco e 1936,13 km<sup>2</sup> (47,3%) no Estado de Alagoas. A porção compreendida no território pernambucano, localiza-se entre as coordenadas 08° 41' 34" e 09° 14' 00" de latitude sul, e 36° 03' 36" e 36° 37' 27" de longitude oeste. A bacia hidrográfica do Rio Mundaú limita-se ao norte com a bacia do Rio Una, ao sul com Estado de Alagoas e com o grupo de bacias de pequenos rios interiores 1 - GII, a leste com a bacia do Rio Una e com o Estado de Alagoas e, a oeste, com o grupo GII e com a bacia do rio Una (APAC, 2018). A Figura 1 mostra a localização da bacia hidrográfica do Rio Mundaú compreendida entre os estados de Pernambuco e Alagoas.

**Figura 1** - Localização da bacia hidrográfica do Rio Mundaú.



Fonte: GOMES et al. (2016)

Ao longo de toda sua extensão a bacia envolve 30 municípios, dos quais 15 são em área pernambucana e 15 em área alagoana. Dos municípios de Pernambuco, 4 estão inseridos em sua totalidade, 4 possuem sede na bacia e 7 estão parcialmente inseridos, sendo os municípios de Angelim, Correntes, Palmerina, São João, Caetés, Canhotinho, Garanhuns, Lagoa do Ouro, Brejão, Calçado, Capoeiras, Jucati, Jurema, Jupi e Lajedo, respectivamente (CAVALCANTI, 2013). A Bacia do Rio Mundaú contém 04 reservatórios, com capacidades máximas acima de 1 milhão de metros cúbicos. Na cidade de Garanhuns, tem o Reservatório Mundaú II (conhecido como Barragem do Cajueiro), com capacidade máxima de 19.283.000 m<sup>3</sup>; Reservatório Mundaú I, com capacidade máxima de 1.969.000 m<sup>3</sup>; e, o reservatório Cajarana, com capacidade máxima de 2.594.000 m<sup>3</sup>, localizado entre Capoeiras e Garanhuns. Em Palmerina, encontra-se o Reservatório Celso Galvão, conhecido como Barragem Inhumas, com capacidade máxima de 7.873.000 m<sup>3</sup> (APAC, 2018).

O Rio Mundaú nasce a oeste da cidade de Garanhuns – Pernambuco, percorre 69 km em áreas pernambucanas, entra em território alagoano pela cachoeira da escada, ao sul da cidade de Correntes – PE e noroeste da cidade de Santana do Mundaú – AL, percorre mais 72 km por terras alagoanas até o litoral do município de Maceió - AL, onde desemboca na Lagoa Mundaú (CAVALCANTI, 2013). Os principais afluentes no estado de Pernambuco são: pela margem direita, riacho Conceição, riacho Salgado, rio Correntes e rio Mundauzinho; e pela margem esquerda o rio Canhoto, mais importante tributário do rio Mundaú e tem, por sua vez, como principal contribuinte o rio Inhaúma, que drena todo o município de Palmeirina (APAC, 2018).

### 3.2 Condições Climáticas da Bacia Hidrográfica do Rio Mundaú

As chuvas responsáveis por 73% das precipitações anuais na região ocorre preponderantemente nos meses de fevereiro a julho. Neste período do ano as chuvas são intensificadas, principalmente à noite, devido ocorrências de distúrbios de leste, chamados de Ondas de Leste, juntamente com sistemas de escala local (Convergência dos Alísios e Brisa Terrestre) (SILVA, 2009). O trimestre mais seco é de outubro a dezembro (APAC, 2018).

A precipitação média anual na bacia é de 900 mm (SILVA, 2009). Os máximos valores de precipitação encontram-se na região litorânea e diminuem à medida que se adentra



no continente (SILVA, 2009). Ao longo da bacia as precipitações apresentam variações significativas nos totais anuais, desde 870 mm em Garanhuns até 2.166 mm em Maceió (APAC, 2018).

### 3.3 A Bacia hidrográfica do Rio Inhaúma

A rede de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Mundaú pode ser dividida em diversas sub-bacias de acordo com a hierarquia fluvial. Desta forma a bacia pode ser compartimentalizada em seis sub-bacias: Alto Mundaú, Médio Mundaú, Baixo Mundaú, Canhoto, Inhaúma e Satuba. A divisão da bacia do Rio Mundaú é mostrada na Figura 2, logo abaixo, com as seis sub-bacias demarcadas (GOMES et al., 2016).

**Figura 2** - Bacia hidrográfica do Rio Mundaú e suas sub-bacias.



Fonte: GOMES et al. (2014)

A Bacia hidrográfica do Rio Inhaúma está inserida em dois estados, Pernambuco e Alagoas, entre as coordenadas, 36° 26' 0''/ 36° 4' 30'' de Longitude Oeste, e entre as coordenadas 9° 4' 0''/ 8° 53' 0'' de Latitude Sul. A bacia hidrográfica totaliza uma extensão territorial de aproximadamente 452,41 Km<sup>2</sup>, a qual compreende cerca de 8 municípios brasileiros. A sudeste do estado de Pernambuco, 6 municípios, Angelim, Canhotinho, Correntes, Garanhuns, Palmeirina e São João, e a nordeste do estado de Alagoas, 2 municípios, Santana do Mundaú e São José da Laje (LIMA, 2016).

A Figura 3 mostra a localização da bacia hidrográfica do Rio Inhaúma, também compreendida entre os estados de Pernambuco e Alagoas.

**Figura 3** - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Inhaúma - PE/AL.



**Fonte:** DEUS et al. (2017)

### 3.4 Reservatório Celso Galvão

O reservatório Celso Galvão, em estudo, está compreendido na bacia hidrográfica do Rio Inhaúma. Trata-se de um barramento do Rio Inhaúma, inaugurada em 27 de outubro de 1974 e intitulada de Barragem Celso Galvão, mas será tratado neste trabalho pelo nome

popularmente conhecido, “Barragem Inhumas”. Localiza-se entre as coordenadas 8° 59’ 24’’ Sul, e 36° 23’ 4’’ Oeste, e altitude de 690 m, território do município de Palmerina - PE. Possui capacidade máxima de 7.873.000 m<sup>3</sup>, do qual é retirada água para abastecimento dos Municípios de Palmerina e Garanhuns e o Povoado Poço Comprido do município de Correntes - PE. Neste último, está localizada a Estação de Tratamento de Água Poço Comprido ( ETA Poço Comprido), que trata a água bruta do manancial e foi a ETA estudada por este trabalho. A Figura 4 mostra a Barragem Inhumas.

**Figura 4** - Reservatório Celso Galvão (“Barragem Inhumas”).



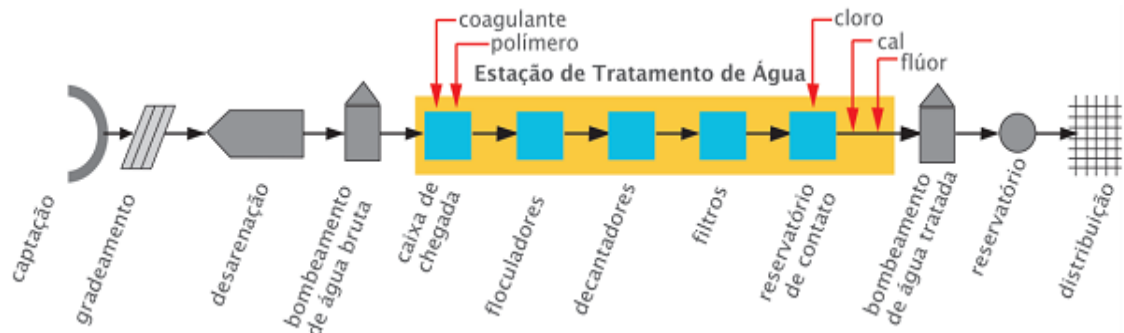
**Fonte:** UPDRONEPE (2018)

### 3.5 Tratamento de água para abastecimento

Para realizar o tratamento completo da água, a mesma deve-se passar por vários processos sequenciais. O tratamento da água nas ETAs acontece em etapas, envolve processos físico-químicos e etapas posteriores de desinfecção microbiológica de forma a garantir a potabilidade da água para uso de consumo e abastecimento urbano. A Estação de tratamento de água é o elemento chave do sistema, mas a mesma integra diversos constituintes que envolvem o transporte da água bruta até a ETA e posteriormente ao seu tratamento e a sua

distribuição até os consumidores. A Figura 5 mostra um fluxograma simplificado completo do tratamento convencional de tratamento da água.

**Figura 5** - Fluxograma simplificado do tratamento convencional



**Fonte:** ABREU (2017)

Antes de chegar à ETA a água segue a seguinte sequência desde sua captação:

- Manancial: fonte da água bruta;
- Captação: primeira unidade do sistema, responsável pela coleta de modo adequado da água bruta;
- Adutora: tubulação geralmente de grande diâmetro utilizada na condução da água do manancial (adutora de água bruta) até as ETAs e das ETAs até os reservatórios de distribuição (adutora de água tratada).
- Estação elevatória: conjunto de instalações e equipamentos responsável por transportar a água a pontos mais elevados, ou para aumentar a vazão das linhas adutoras. Sendo classificadas em estações elevatórias de água bruta ou estações elevatórias de água tratada.

A água bruta aduzida é encaminhada para a entrada da ETA, elemento chave do sistema:

- Estação de tratamento de água (ETA): conjunto de instalações e equipamentos responsável por realizar a purificação da água bruta coletada no manancial. Deve atender a critérios de engenharia, a normas e padrões de qualidade exigidos nas legislações vigentes de forma a produzir água com qualidade adequada para atingir as exigências e padrões de potabilidade para diversos usos.

Após o tratamento da água esta deve ser distribuída aos consumidores sendo os principais elementos do sistema:

- Rede de distribuição de água tratada: adutoras, tubulações e encanamentos por onde se distribui a água tratada a população.
- Reservatórios de água tratada: grandes caixas de concreto onde se armazena a água após o tratamento.

### 3.5.1 Sistema convencional de tratamento de água

A depender das características físico-químicas da água a ser tratada e da qualidade final desejada pode-se utilizar várias tecnologias para se alcançar a qualidade necessária.

De acordo com CESAN (2013), para o tratamento convencional de água ser realizado são necessárias algumas etapas:

1. Coagulação: o objetivo desta etapa é aglomerar as partículas para que, com a adesão entre si, formem flocos. Geralmente Sulfato de Alumínio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) ou Cloreto de Polialumínio (PAC), adicionado na entrada do tanque de mistura rápida.
2. Floculação: ocorre no floculador, onde é adicionado o polímero, cuja função é auxiliar na floculação proporcionando aumento do tamanho dos flocos, que ganham peso no floculador. Dependendo da característica da água é adicionado polímero catiônico, aniônico ou neutro.
3. Decantação ou flotação: nesta etapa não ocorre adição de produto químico. Os flocos formados decantam até o fundo do decantador pela ação da gravidade ou são levados até a superfície por adição de microbolhas que fazem os flocos flutuarem para depois serem removidos.
4. Filtração: são tanques constituídos por camadas superpostas de seixos, areia e carvão (antracito). Sua função é reter o restante dos flocos que não foram removidos na etapa anterior e iniciar a remoção de microrganismos patogênicos.
5. Desinfecção: objetiva a remoção de alguns microrganismos que podem ainda estar presentes na água. Para realizar a desinfecção é geralmente utilizado cloro como desinfetante. O Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5 / 2017 estabelece que a

companhia de saneamento deve entregar ao consumidor a água tratada com um teor mínimo de cloro residual livre de 0,2 mg/L.

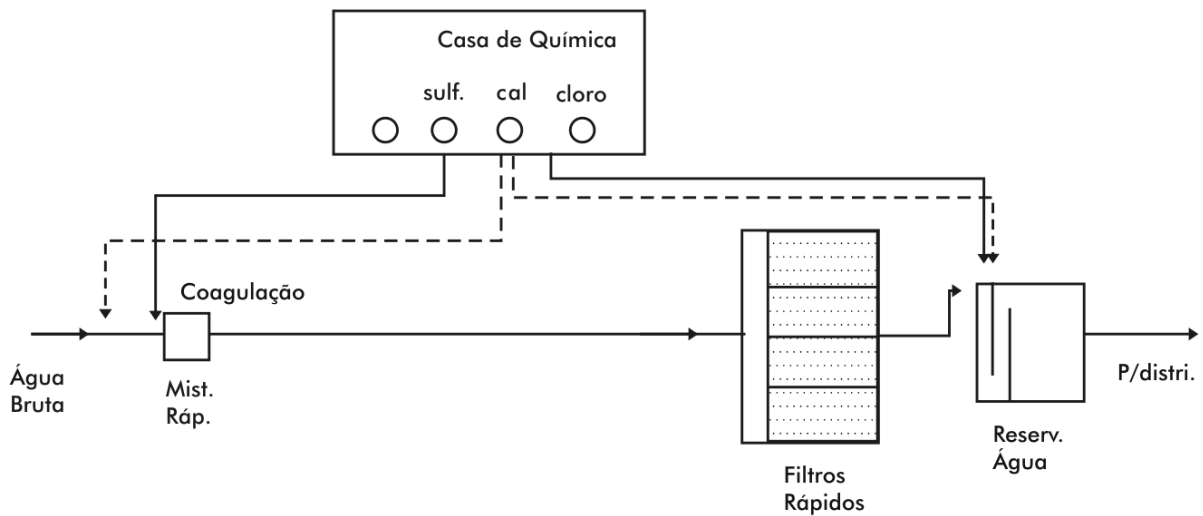
6. Neutralização ou correção do pH: nesta etapa o objetivo é adequar o pH da água tratada adicionando geralmente a Cal hidratada (CaOH) ou o hidróxido de cálcio (Ca(OH)<sub>2</sub>), estabilizando o pH e mantendo-o próximo de 7. O Anexo XX da Portaria de Consolidação nº5 / 2017 recomenda que o pH mínimo para água tratada deva ser 6 e no máximo 9,5.

Em casos em que a população abastecida é de pequeno porte, não é necessário grandes volumes de água tratada, e conseqüentemente não há a necessidade de grandes ETAs, para contornar essa situação utilizam-se ETAs compactas, que também possuem grande eficiência no tratamento da água. As ETAs compactas, além de ser de baixo custo, também são utilizadas como soluções descentralizadas ou temporárias de abastecimento, em função de características da cidade (relevo irregular, distância dos mananciais, distância das áreas rurais, urbanas e industriais), bem como de demandas extras que podem ocorrer eventualmente (manutenção no sistema, falhas na rede, vazamentos, acidentes, etc.) na gestão e manejo da água tratada pela companhia de água municipal.

### 3.5.2 Componentes do sistema compacto de tratamento

A utilização de um sistema de tratamento de menores proporções é utilizada geralmente para pequenas populações que estão afastadas das grandes ETAs, mas que também tem o direito constitucional de receber esta água tratada. Os sistemas compactos geralmente são fechados, por isso são chamados de sistemas compactos pressurizados, no qual não tem possibilidade de contato com a água enquanto está no sistema, possuem menos etapas no tratamento, conseqüentemente menos maquinários e menos espaço físico. Na Figura 6 encontra-se um esquema de funcionamento de uma ETA compacta pressurizada.

**Figura 6** - Sistema compacto fechado de tratamento de água.



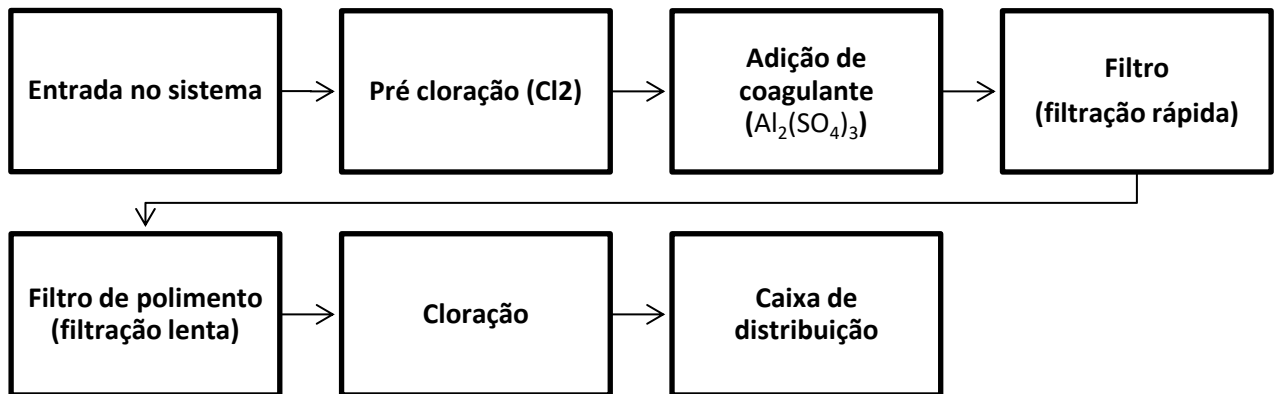
**Fonte:** SENS (s/d)

### 3.6 ETA Poço Comprido

A ETA Poço Comprido é de gestão da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), inserida no povoado de Poço Comprido (PC), município de Correntes, Estado de Pernambuco.

A unidade recebe água bruta somente da Barragem Inhumas. A mesma é classificada como ETA do tipo compacta pressurizada, com vazão aduzida contínua de 5 L/s (18 m<sup>3</sup>/h). O tratamento é realizado com pré-cloração e dupla filtração. A água que adentra o sistema é adicionada de cloro gasoso (Cl<sub>2</sub>), e em seguida de sulfato de alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>). Depois de adicionados os agentes de desinfecção e coagulação a água segue para os filtros rápidos e depois filtros de polimento, os quais utilizam areia com granulometria de 1,0 mm. Após a filtração a água já tratada é armazenada na caixa de distribuição, e então, é distribuída a população. A ETA PC funciona 24 horas por dia. O fluxograma da Figura 7 demonstra o processo utilizado nesta ETA.

**Figura 7** - Fluxograma do processo de tratamento realizado na ETA Poço Comprido.



Fonte: AUTOR (2018)

As Figuras 8, 9 e 10 mostram os equipamentos utilizados no tratamento na ETA Poço Comprido.

**Figura 8** - Bomba dosadora utilizada para dosagem do sulfato de alumínio (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>).



Fonte: AUTOR (2018)



**Figura 9-** Filtros lentos e rápidos.



**Fonte:** AUTOR (2018)

**Figura 10-** Caixa de armazenamento para distribuição.



**Fonte:** AUTOR (2018)

### 3.7 Parâmetros de qualidade da água

Águas de abastecimento necessitam cumprir alguns padrões de qualidade, que são verificados diariamente por meio de análises laboratoriais, esses padrões estão dispostos no Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 (MS), e na Resolução nº 357/2005 (CONAMA). O Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/2017 (MS), “dispõe dos procedimentos de controle e vigilância da qualidade de toda água de abastecimento para o consumo humano e seu padrão de potabilidade, independente da forma de distribuição. Esta não se aplica a águas minerais naturais, à águas naturais e águas adicionadas de sais, destinadas ao consumo humano, pois estas possuem sua legislação específica”. A Resolução CONAMA nº 357/05, “dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de águas superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e dá outras providências.”.

A verificação da qualidade do tratamento ao longo do tempo é estabelecida pelo plano de monitoramento da ETA e é essencial para a confirmação da eficiência do tratamento durante as mudanças sazonais no clima e nas condições naturais dos corpos hídricos. Além dos fatores referentes às oscilações da qualidade da água bruta, o monitoramento da ETA também é importante para avaliar sua eficiência, da necessidade de alterações de condições de operação, ou de insumos para o tratamento, ou mesmo de manutenção no sistema ou partes deste. Os principais parâmetros que devem ser analisados ao caracterizar uma água são: turbidez; sólidos solúveis totais (SST); potencial hidrogênio (pH); demanda bioquímica de oxigênio (DBO); demanda química de oxigênio (DQO); concentração de metais pesados; índices bacteriológicos e biológicos de interesse sanitário (coliformes totais e termotolerantes). Com a utilização desses e de outros parâmetros é possível calcular índices de qualidade de água, tornando possível a análise qualitativa das águas. As análises destes parâmetros seguem ao Standard Methods for Analyses Water and Wastewater. Os parâmetros que são diretamente prejudiciais à saúde são monitorados com mais frequência e tratados com mais cuidado pelas companhias de abastecimento (LOPES, 2017).

**Tabela 1-** Significado ambiental dos principais parâmetros de caracterização da água.

<b>Cor</b>	Resulta da existência, na água, de substâncias em solução; pode ser causada pelo ferro ou manganês, pela decomposição da matéria orgânica da água (principalmente vegetais), pelas algas
------------	--

	ou pela introdução de esgotos industriais e domésticos.
<b>Turbidez</b>	Presença de matéria em suspensão na água, como argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas. Por conta desse material fino em suspensão, ocorre resistência da água à passagem de luz.
<b>pH</b>	Representa o equilíbrio entre íons H <sup>+</sup> e íons OH <sup>-</sup> . Indica se a água é ácida, neutra ou alcalina. Águas com pH baixo é corrosiva e com pH elevado tendem a formar incrustações nas tubulações.
<b>Alcalinidade</b>	Causada por sais alcalinos, principalmente de sódio e cálcio; mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos; em teores elevados, pode proporcionar sabor desagradável à água, tem influência nos processos de tratamento da água.
<b>Cloro residual</b>	Conhecer o teor de cloro ativo que permanece após a cloração da água, permite garantir a qualidade microbiológica da água, ou seja, se ela está em condições de uso.
<b>Sólidos solúveis totais</b>	Conjunto de todas substâncias orgânicas e inorgânicas contidas num líquido sob forma molecular, ionizadas ou micro-granulares que alteram suas propriedades físicas e químicas. Em águas naturais a presença elevada de íons sódio, cloreto, magnésio, potássio, sulfatos, etc, provoca efeitos laxativos.
<b>DBO</b>	Quantidade de oxigênio necessária à oxidação da matéria orgânica presente na água por ação de bactérias aeróbias.
<b>DQO</b>	Quantidade de oxigênio necessário à oxidação da matéria orgânica presente na água por ação de um agente químico. A DQO é sempre maior que a DBO, para o mesmo líquido.
<b>Metais pesados</b>	Componentes inorgânicos presentes na água que são tóxicos ao ser humano, como por exemplo, cromo, chumbo, mercúrio, prata, cobre, zinco, etc.
<b>Índices biológicos</b>	- Coliformes: Indicadores de presença de microrganismos patogênicos na água; coliformes fecais existem em grande quantidade nas fezes humanas e, quando encontrados, significa que a mesma recebeu esgotos domésticos, podendo conter microrganismos patogênicos;

---

- Algas: São responsáveis pela produção de grande parte do oxigênio dissolvido do meio, quando em grandes quantidades, como resultados de excesso de nutrientes (eutrofização) promovem alterações na cor, sabor, odor, turbidez, toxidez, formação de massas de matéria orgânica que, ao serem decompostas, provocam redução do oxigênio dissolvido, corrosão, interferência no processo de tratamento da água, aspecto estético desagradável, etc.

---

**Fonte:** Portal tratamento de água (2009)

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção e tratamento dos dados

A série histórica de dados do monitoramento da qualidade da água bruta do manancial (Barragem Inhumas) e da água tratada pela ETA (Poço Comprido) foram cedidas, pela – COMPESA – Coordenação de Produção Agreste Meridional – CPR AM. Esta unidade gestora centraliza e controla dados coletados e analisados em diversos mananciais locais e de ETAS integrantes dos sistemas de abastecimento que integram a gerência Garanhuns - PE. O banco de dados fornecido digitalmente passou por uma avaliação inicial, triagem e separação dos dados da água bruta (manancial) e da água tratada (ETA) no mesmo período escolhido. Após esta análise foram alimentadas planilhas digitais no software Microsoft Excell®, para avaliação gráfica e de estatística descritiva. Os parâmetros escolhidos para avaliação foram a cor, turbidez, pH, alcalinidade, alumínio e cloro residual

A quantidade e qualidade da água do manancial têm relação direta com os períodos de estiagem e eventos extremos. Dessa forma foram coletados dados pluviométricos e correlacionados aos mesmos períodos de coletas de dados para relacionar tendências e correlações entre estes. Foram obtidos através da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Utilizou-se o posto pluviométrico nº 512 (Palmeirina) devido este ser o posto pluviométrico mais próximo estando localizado no paredão de contenção da própria Barragem de Inhumas. Dados do percentual de volume da barragem durante o período estudado também foram obtidos e correlacionados. O período de dados alcançou 4 anos (janeiro 2014 a dezembro de 2017). Além da análise temporal mensal foram avaliados períodos climáticos de seca e chuva (inverno ou verão), no mesmo período de tempo.

A seguir, a Figura 11 apresenta-se o posto pluviométrico nº 512, instalado e localizado no paredão da Barragem Inhumas.

**Figura 11** - Posto pluviométrico n° 512, localizado no dique de contenção da Barragem Inhumas



**Fonte:** AUTOR (2018)

#### 4.2 Tratamento estatístico

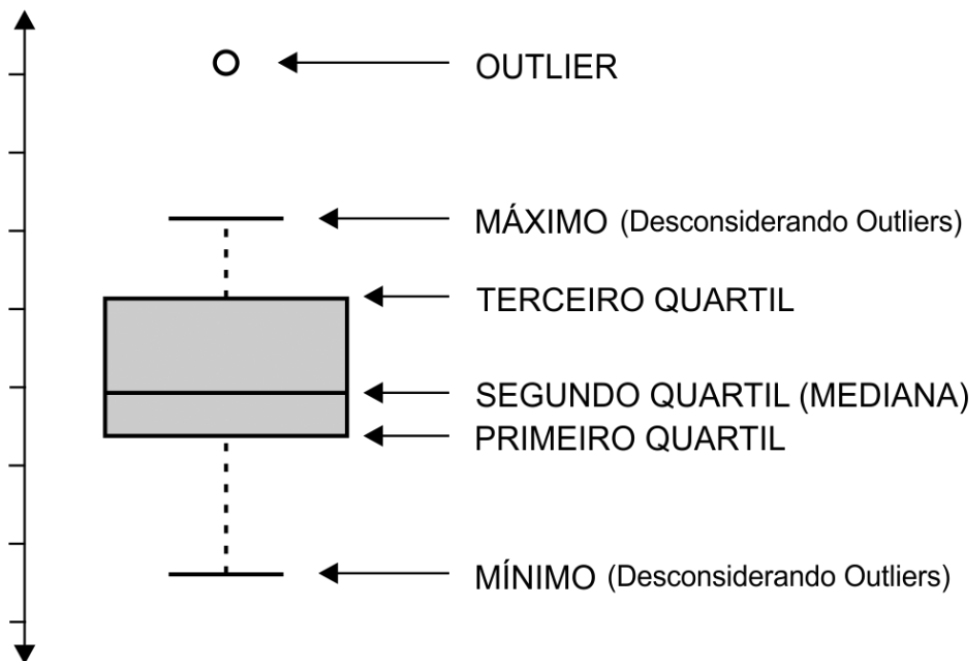
A avaliação dos dados foi realizada através da análise estatística descritiva. Este ramo da estatística visa sumarizar e descrever qualquer conjunto de dados, sintetizando-os de maneira direta, se preocupando menos com variações e intervalos de confiança dos dados. Neste trabalho foram utilizados: a média aritmética, valores máximos e mínimos, o desvio padrão e coeficiente de variação.

Para melhor avaliar a variabilidade de um conjunto de dados muito grande existem várias alternativas estatísticas. Dentre estas o gráfico Boxplot ou diagrama de caixa é uma ferramenta gráfica que permite visualizar a distribuição e valores discrepantes (outliers) dos dados do conjunto. O Boxplot permite comparação de grupo de dados e avalia comparativamente a variabilidade desses conjuntos individualmente ou quando possuem relação de dependência entre si. As medidas de estatísticas descritivas como o mínimo, máximo, primeiro quartil, segundo quartil ou mediana e o terceiro quartil formam o Boxplot. Na Figura 12 apresentam-se os elementos estatísticos representados em um gráfico Boxplot.

**Figura 12** – Elementos estatísticos representados em um gráfico Boxplot

Fornece uma análise visual da posição, dispersão, simetria, caudas e valores discrepantes (outliers) do conjunto de dados, sendo estes:

- Posição: em relação à posição dos dados, observa-se a linha central do retângulo (a mediana ou segundo quartil);



- Dispersão: a dispersão dos dados pode ser representada pelo intervalo interquartílico que é a diferença entre o terceiro quartil e o primeiro quartil (tamanho da caixa), ou ainda pela amplitude que é calculada da seguinte maneira: valor máximo – valor mínimo. Embora a amplitude seja de fácil entendimento, o intervalo interquartílico é uma estatística mais robusta para medir variabilidade uma vez que não sofre influência de outliers.

- Simetria: um conjunto de dados que tem uma distribuição simétrica, terá a linha da mediana no centro do retângulo. Quando a linha da mediana está próxima ao primeiro quartil, os dados são assimétricos positivos e quando a posição da linha da mediana é próxima ao terceiro quartil, os dados são assimétricos negativos. Vale ressaltar que a mediana é a medida de tendência central mais indicada quando os

dados possuem distribuição assimétrica, uma vez que a média aritmética é influenciada pelos valores extremos.

- Caudas: as linhas que vão do retângulo até aos outliers podem fornecer o comprimento das caudas da distribuição.
- Outliers: já os outliers indicam possíveis valores discrepantes. No Boxplot, as observações são consideradas outliers quando estão abaixo ou acima do limite de detecção de outliers.

O limite de detecção de outliers é construído utilizando o intervalo interquartílico, dado pela distância entre o primeiro e o terceiro quartil. Sendo assim, os limites inferior e superior de detecção de outlier são dados por:

- Limite Inferior = Primeiro Quartil – 1,5 \* (Terceiro Quartil – Primeiro Quartil)
- Limite Superior = Terceiro Quartil + 1,5 \* (Terceiro Quartil – Primeiro Quartil)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

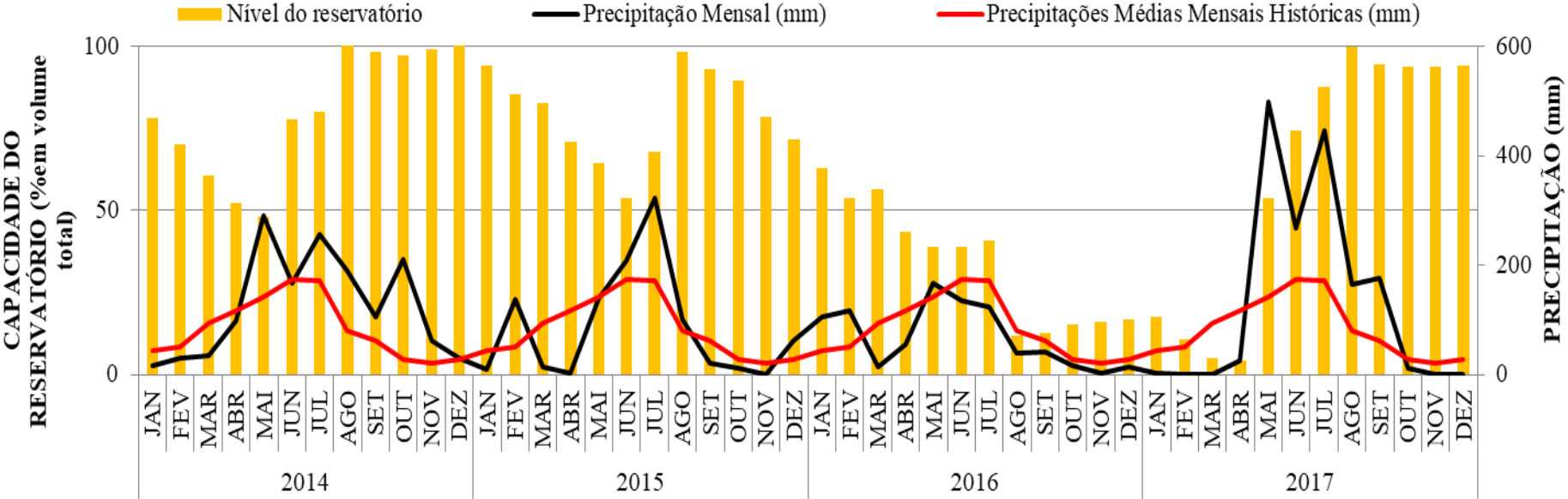
Para melhor visualização da relação entre os parâmetros estudados com a precipitação mensal e avaliação do comportamento das variáveis analisadas, foram confeccionados gráficos de coluna para os seguintes parâmetros: Nível do reservatório, cor, turbidez, pH, alumínio, alcalinidade e cloro residual. Para análise estatística foram gerados gráficos Boxplot dos mesmos parâmetros, exceto o nível do reservatório.

### 5.1 Nível do reservatório e precipitação

Na Figura 13, pode-se observar a precipitação mensal histórica (mm), a precipitação mensal (mm) registrada para cada mês e o nível mensal do reservatório (% em volume total) no período de 2014 a 2017.



**Figura 13** - Comportamento do nível da Barragem Inhumas em relação à média de precipitações mensais e precipitações mensais históricas



A variação periódica anual do nível do reservatório obedece os ciclos de chuva-estiagem nos anos de 2014 e 2015, onde os níveis alcançaram até 100% do volume total e não chegavam a 50%, mas a partir do verão de 2015 (setembro 2015) ocorreu um decréscimo crescente nos níveis registrados, sendo claro a influência da estiagem mais severo no espaço temporal estudado (setembro de 2015 a abril de 2017). Durante esse período de estiagem os níveis de precipitação mensal só ultrapassaram a média mensal histórica quatro vezes, sendo elas: no ano de 2015, no mês de dezembro e no ano de 2016, nos meses de janeiro, fevereiro e maio. Devido a isso, o reservatório chegou a conter apenas 4,36% da sua capacidade total no mês de abril de 2017. Com as precipitações ocorridas de maio de 2017 em diante, o nível do reservatório alcançou novamente a marca de 100% de sua capacidade no mês de agosto de 2017. As precipitações para os meses de maio (498,6 mm), junho (267,5 mm), julho (446,6 mm), agosto (164 mm) e setembro (175,5 mm) deste mesmo ano foram expressivamente acima da média mensal histórica, sendo elas 143 mm, 173 mm, 171,3 mm, 79,4 mm e 62,2 mm respectivamente. Destaca-se também o comportamento amortecido (*delay*) das chuvas em relação ao volume acumulado.

A avaliação da interferência dos acumulados de chuva mostrou-se presente e pode ser acompanhado nos gráficos dos parâmetros em relação à precipitação que estão dispostos no decorrer do texto. Devido à ocorrência de precipitações é possível observar alterações nos parâmetros da água bruta, que pode influenciar na água tratada. Em alguns parâmetros essas alterações mostram-se imediatas, porém em outras ocorre um atraso, este *delay*, tem relação com a quantidade de água bruta devido efeito de diluição/concentração de contaminantes.

## 5.2 Parâmetros físico-químicos

Os aspectos estéticos da água de um reservatório normalmente estão relacionados às características de ordem física, onde valores extremos podem causar repúdio aos sentidos humanos e assim uma rejeição desta, além dos aspectos visuais, caso esta água seja ingerida poderá causar ao consumidor certos tipos de doenças, tais como disenterias. Os parâmetros químicos e biológicos são constatados por meio de análises realizadas em laboratório, e de responsabilidade do gestor desta água a aprovação para distribuição ou não, pois esta não será rejeitada pelos consumidores por não apresentar características visíveis. A seguir, estão os parâmetros analisados:

### 5.2.1 Cor

A coloração da água bruta apresentou valores acima do limite máximo permitido para águas da classe 2, variando de 97,6 mg Pt/Co (janeiro de 2014) a 2431,1 mg Pt/Co (abril de 2017), segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005 o limite máximo é de 75 mg Pt/Co.

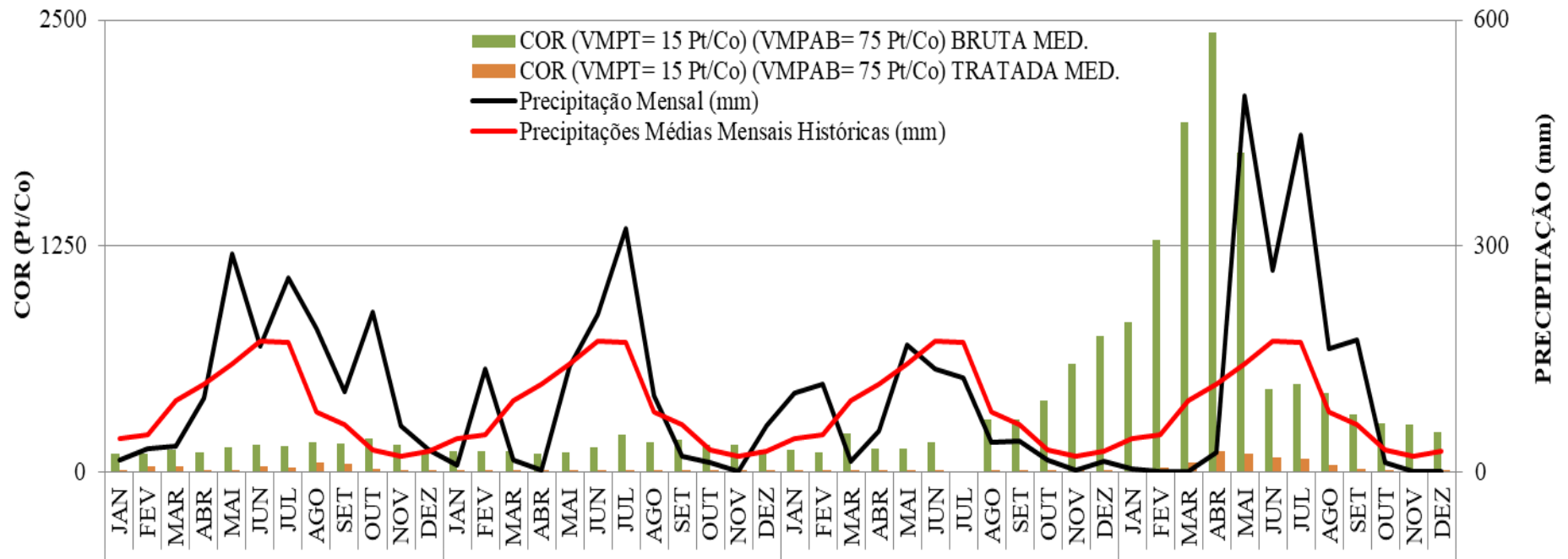
Na Figura 14, podemos observar um aumento sutil da coloração nos meses que apresentam picos de precipitação, onde apresentaram valores de 182,9 mg Pt/Co (outubro/2014), 202,5 mg Pt/Co (julho/2015) e 210,9 mg Pt/Co (março/2016), sendo nos meses anteriores estavam entre 110-130 mg Pt/Co. Este aumento na coloração pode ser explicado devido a ocorrência da precipitação e, com isso, a lixiviação de substratos orgânicos pigmentados de coloração escura, aumentando assim a concentração destes no ambiente aquático (MAROTTA, 2008).

A partir de agosto de 2016 a coloração da água bruta aumentou significativamente, chegando ao pico em abril de 2017, de 289,8 mg Pt/Co e 2431,1 mg Pt/Co, respectivamente. Essa “anormalidade” pode ter relação com o período de estiagem, visto que a diminuição do volume do manancial aumentou e a concentração de materiais orgânicos dissolvidos, substâncias húmicas do solo, turfa ou material deteriorado de plantas (o nível do reservatório encontra-se apenas com 4,36% da sua capacidade total) (HENRIQUES, 2008; BÁRBARA, 2010).

A coloração da água tratada apresentou valores acima do estipulado como limite máximo do Anexo XX da Portaria nº5/2017, que é de 15 mg Pt/Co para água tratada, durante alguns meses de 2014 (fevereiro, março, junho, julho, agosto, setembro e outubro) e no período pós estiagem em 2017 (fevereiro a setembro).

A característica relacionada ao tratamento para remoção da coloração é a formação de flocos a partir da coagulação dos polieletrólitos empregados (SANTOS & MATSUMOTO, 2002). Segundo a Figura 14, a coloração da água tratada, nos meses do ano de 2014, apresentou valores acima dos limites estipulados na legislação. Foi feito o cálculo básico de eficiência da remoção de coloração, dispostos na Tabela 2, no qual leva a hipótese de que a correção dos polieletrólitos pode não ter sido feita ou tenha sido realizada de maneira insuficiente, pois as eficiências do processo foram de 73%, 75%, 78%, 83%, 71%, 72% e 89%, respectivamente para os meses de 2014 citados. Nos meses de 2017, certamente a correção mais adequada,

**Figura 14** - Comportamento do parâmetro cor com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas



Legenda:

VMPT – Valor máximo permitido para água tratada.

VMPAB – Valor máximo permitido para água bruta.

pois as eficiências de remoção foram de 98%, 97%, 95%, 94%, 82%, 85%, 91% e 94%, respectivamente. Porém, a água bruta também apresentou valores elevados de coloração para este período, assim sendo, mesmo com as altas eficiências do sistema de tratamento não foi possível atingir os limites estabelecidos na legislação, para remoção de cor. Deve ser avaliada outras tecnologias para melhorar a eficiência em termos de cor visto que a ETA atualmente tem dificuldades de atingir os limites estabelecidos pela legislação. Após a Tabela 2, nas Tabelas 3 e 4 estão dispostos os dados estatísticos separados em meses e em anos.

**Tabela 2** - Eficiências da remoção da Cor no período em estudo

<b>Eficiência de remoção da cor (%)</b>				
<b>Meses/Ano</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>	92%	96%	98%	99%
<b>Fev</b>	73%	95%	98%	98%
<b>Mar</b>	75%	97%	99%	97%
<b>Abr</b>	97%	97%	99%	95%
<b>Mai</b>	96%	98%	99%	94%
<b>Jun</b>	78%	98%	99%	82%
<b>Jul</b>	83%	99%		85%
<b>Ago</b>	71%	97%	99%	91%
<b>Set</b>	72%	99%	99%	94%
<b>Out</b>	89%	98%	100%	97%
<b>Nov</b>	97%	99%	100%	99%
<b>Dez</b>	98%	97%	100%	99%

**Tabela 3** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Cor em relação aos meses do período em estudo

<b>Mês</b>	<b>Dados est. água bruta (meses)</b>					<b>Dados est. água tratada (meses)</b>				
	<b>Méd</b>	<b>Máx</b>	<b>Mín</b>	<b>D. P.</b>	<b>C.V.</b>	<b>Méd</b>	<b>Máx</b>	<b>Mín</b>	<b>D. P.</b>	<b>C.V.</b>
<b>JAN</b>	118,1	826,0	97,6	268,0	227,0	4,6	8,0	2,0	1,6	34,6
<b>FEV</b>	112,4	1282,8	103,2	440,1	391,6	14,3	27,9	1,7	10,8	75,4
<b>MAR</b>	164,6	1936,3	111,6	671,0	407,8	16,5	49,1	2,2	18,5	112,1
<b>ABR</b>	117,2	2431,1	102,4	869,6	742,2	3,0	113,7	1,8	41,7	1394,5
<b>MAI</b>	131,2	1767,5	105,1	616,9	470,2	3,5	101,7	1,9	37,0	1044,4
<b>JUN</b>	154,7	455,2	136,7	114,9	74,3	17,5	79,9	2,1	27,1	154,6
<b>JUL</b>	202,5	481,8	144,9	136,9	67,6	23,9	72,9	2,5	26,5	110,9
<b>AGO</b>	227,5	439,2	164,6	99,8	43,9	22,3	48,3	2,4	20,5	91,6
<b>SET</b>	234,2	317,4	157,1	69,0	29,5	10,8	44,1	2,5	14,5	134,5
<b>OUT</b>	223,9	394,8	150,3	81,6	36,5	5,7	19,3	1,8	6,0	105,0
<b>NOV</b>	206,3	595,2	146,4	153,3	74,3	2,0	4,8	1,6	1,1	55,2

**DEZ** 169,6 750,6 106,2 225,8 133,1 | 2,5 4,0 1,5 0,7 29,8

**Tabela 4** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Cor em relação aos anos do período em estudo

	Mês/Ano	2014	2015	2016	2017
<b>Dados est. bruta (anos)</b>	<b>Méd</b>	139,9	129,9	210,9	468,5
	<b>Máx</b>	182,9	202,5	750,6	2431,1
	<b>Mín</b>	97,6	102,4	110,7	216,1
	<b>D. P.</b>	23,1	26,2	159,1	643,0
	<b>C.V.</b>	16,5	20,2	75,5	137,3
<b>Dados est. tratada (anos)</b>	<b>Méd</b>	21,6	2,7	2,0	31,6
	<b>Máx</b>	48,3	5,8	2,7	113,7
	<b>Mín</b>	2,2	2,0	1,6	1,5
	<b>D. P.</b>	13,8	0,9	0,3	33,7
	<b>C.V.</b>	63,7	34,5	15,0	106,6

Os dados no período completo do parâmetro cor mostraram uma não homogeneidade quanto à distribuição dos seus dados, apresentando coeficiente de variação (C.V.) de 138% para a água bruta e de 154% para a água tratada, mostrada na Tabela 5. Esse tipo de comportamento reflete a variação da carga orgânica e concentração desses compostos, durante o período de estiagem, no reservatório e, conseqüentemente, no sistema de tratamento. Apesar da média da eficiência da remoção de cor ser de 94%, a qualidade da água bruta faz com que também ocorra essa dispersão dos dados muito alta da água tratada.

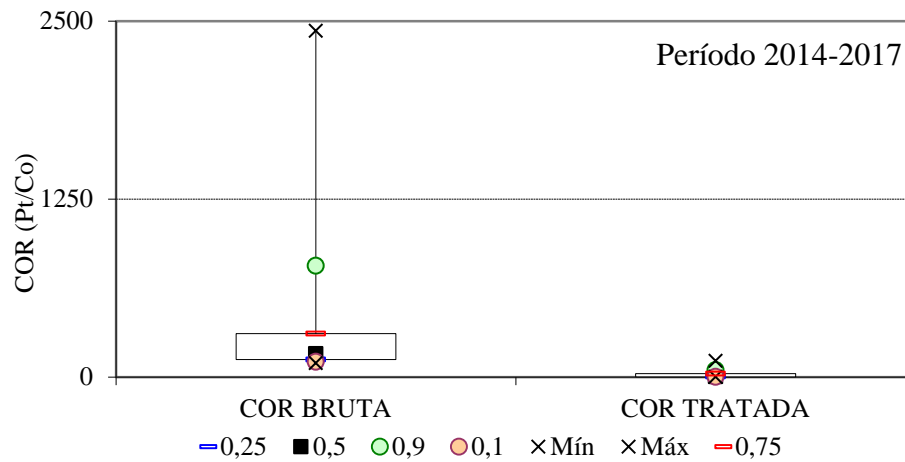
**Tabela 5** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Cor

<b>Dados estatísticos Cor (Pt/Co)</b>		
	<b>Bruta</b>	<b>Tratada</b>
<b>Núm dados</b>	47	47
<b>Média</b>	364,38	17,60
<b>Mínimo</b>	97,64	1,52
<b>Máximo</b>	2431,15	113,72
<b>Desvio padrão</b>	502,7	27,1
<b>Coef. Var</b>	138%	154%

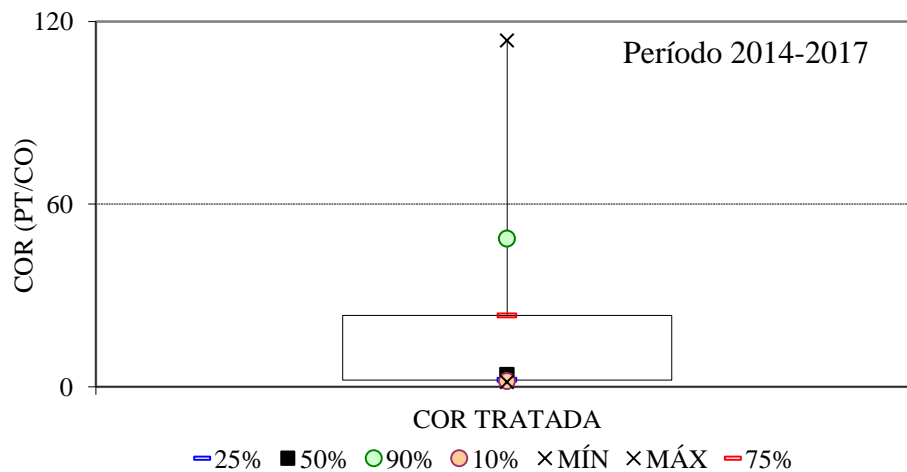
Para uma melhor compreensão da dispersão dos dados, o comportamento do parâmetro cor em relação à água bruta e tratada pode ser observado no gráfico Boxplot da Figura 15. Devido a grande diferença visual entre os gráficos juntos, por conta dos elevados

números em relação à cor da água bruta, foi feito outro gráfico Boxplot (Figura 16) somente da água tratada para facilitar a observação da variação, que foi maior.

**Figura 15** - Gráfico Boxplot para cor da água bruta e da água tratada



**Figura 16** - Gráfico Boxplot para cor da água tratada



### 5.2.2 Turbidez

De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 a turbidez para água bruta da Classe 2 é de até 100 NTU e para água tratada de 5 NTU, segundo o Anexo XX da Portaria nº 5/2017. Os dados para este parâmetro variaram de 6,2 a 291,7 NTU para água bruta e de 0,5 a 20,5 NTU para a água já tratada.

Na Figura 17, pode-se observar que durante o período de novembro/2016 a maio/2017 os valores de turbidez para a água bruta apresentaram fora do padrão máximo da resolução, assim como, fevereiro, março e agosto de 2014 e o período de fevereiro a julho de 2017 para água tratada.

A turbidez acima do padrão estipulado para a água tratada referente ao ano de 2014, não demonstra nenhuma relação à precipitação ocorrida neste período ou a alteração acentuada na turbidez da água bruta. Provavelmente ocorreu algum problema operacional no tratamento da água neste período, pois apesar da pouca variação ocorrida na turbidez da água bruta nestes meses, foram observados que os meses posteriores apresentaram valores maiores deste parâmetro, e mesmo assim, a qualidade necessária da água após tratamento foi alcançada. Essa mesma hipótese pode ser consolidada ao analisar as eficiências no decorrer do período estudado, dispostas na Tabela 6. As menores eficiências de remoção da turbidez foram encontradas justamente nos primeiros meses de 2014. A seguir, nas tabelas 7 e 8 estão dispostos os dados estatísticos separados em meses e em anos.

**Tabela 6** - Eficiência da remoção da Turbidez no período em estudo

<b>Eficiência de remoção da Turbidez (%)</b>				
	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Jan</b>	61%	85%	92%	98%
<b>Fev</b>	57%	90%	95%	97%
<b>Mar</b>	51%	90%	98%	96%
<b>Abr</b>	86%	87%	94%	96%
<b>Mai</b>	65%	95%	95%	90%
<b>Jun</b>	54%	95%	97%	85%
<b>Jul</b>	66%	97%		84%
<b>Ago</b>	40%	92%	98%	92%
<b>Set</b>	54%	94%	99%	92%
<b>Out</b>	84%	95%	99%	94%
<b>Nov</b>	87%	95%	99%	96%
<b>Dez</b>	85%	91%	98%	95%

**Tabela 7** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Turbidez em relação aos meses do período em estudo

<b>Mês</b>	<b>Dados est. água bruta (meses)</b>					<b>Dados est. água tratada (meses)</b>				
	<b>Méd</b>	<b>Máx</b>	<b>Mín</b>	<b>D. P.</b>	<b>C.V.</b>	<b>Méd</b>	<b>Máx</b>	<b>Mín</b>	<b>D. P.</b>	<b>C.V.</b>

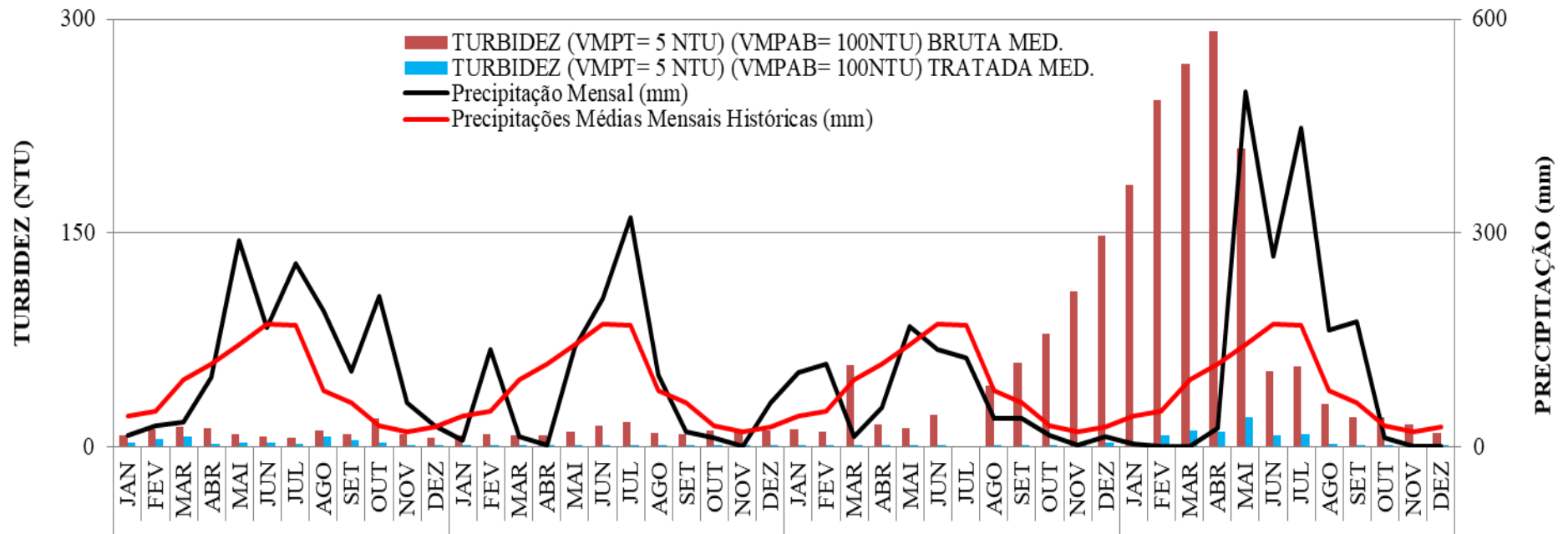


<b>Jan</b>	10,1	183,7	7,7	65,4	646,7	2,2	3,2	1,0	1,1	49,2
<b>Fev</b>	11,6	242,8	8,5	87,1	753,7	3,1	7,6	0,6	2,9	92,9
<b>Mar</b>	35,6	269,0	7,8	91,0	255,8	3,9	11,1	0,8	4,0	102,5
<b>Abr</b>	14,1	291,7	8,3	104,8	741,7	1,5	10,8	0,9	3,6	240,9
<b>Mai</b>	11,9	209,0	9,2	74,3	624,6	2,0	20,5	0,6	7,1	364,8
<b>Jun</b>	18,8	53,2	6,9	14,4	76,6	1,9	7,9	0,7	2,4	125,5
<b>Jul</b>	17,1	56,0	6,5	19,7	115,4	2,2	9,1	0,5	3,4	159,0
<b>Ago</b>	20,7	43,2	9,9	12,9	62,6	1,7	6,9	0,7	2,1	125,4
<b>Set</b>	15,0	59,0	9,0	17,3	115,0	1,1	4,2	0,6	1,2	112,6
<b>Out</b>	20,4	79,1	11,5	23,1	113,6	1,0	3,2	0,6	0,9	93,1
<b>Nov</b>	13,2	109,2	9,2	36,5	276,0	0,9	1,2	0,5	0,3	36,8
<b>Dez</b>	10,5	147,7	6,2	52,0	493,5	1,0	2,5	0,5	0,6	64,9

**Tabela 8** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Turbidez em relação aos anos do período em estudo

	<b>Ano</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Dados est. bruta (anos)</b>	<b>Méd</b>	9,2	10,4	43,2	54,6
	<b>Máx</b>	20,2	17,1	147,7	291,7
	<b>Mín</b>	6,2	7,7	10,9	9,8
	<b>D. P.</b>	3,1	2,2	35,2	102,0
	<b>C.V.</b>	33,3	20,7	81,6	186,8
<b>Dados est. tratada (anos)</b>	<b>Méd</b>	3,2	0,7	0,9	5,4
	<b>Máx</b>	6,9	1,2	2,5	20,5
	<b>Mín</b>	0,9	0,5	0,6	0,5
	<b>D. P.</b>	1,5	0,2	0,3	4,8
	<b>C.V.</b>	47,0	25,5	38,8	88,7

**Figura 17** - Comportamento do parâmetro turbidez com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas



Legenda:

VMPT – Valor máximo permitido para água tratada.

VMPAB – Valor máximo permitido para água bruta.

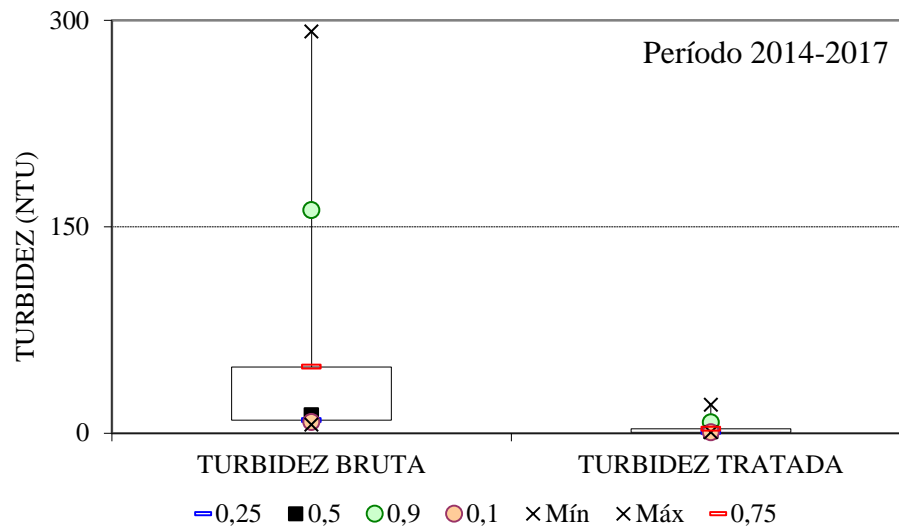
Pelo gráfico da Figura 17, pode-se perceber que a partir de agosto/2016 observou-se uma taxa de alteração desse parâmetro da água bruta bem elevada, onde, no mês de novembro/2016 o valor ultrapassa o limite estipulado na resolução e chega ao pico de 291,7 NTU em abril/2017. Como citado anteriormente, esta alteração anormal pode ter relação com o nível de o reservatório muito baixo, devido à estiagem que acometeu este período, pois o reservatório é um ambiente lântico, que diz respeito a água parada, com movimento limpo ou estagnado, e os sólidos suspensos tendem a decantar devido ao baixo volume de água, provocando a alta na turbidez (TRINDADE, 2014). Apesar das eficiências elevadas, nos meses de fevereiro a julho de 2017 os valores para turbidez da água tratada não estiveram adequados à legislação. Simulamente ao parâmetro de cor, o tratamento para remoção da turbidez pode não ter sido suficiente para remover o necessário, visto às grandes alterações sofridas na água bruta neste período.

A Tabela 9 e o gráfico Boxplot da Figura 18 representam, em termos de estatística descritiva, as variações da turbidez da água bruta e tratada. Onde, a média dos valores é de 47,34 UNT para água bruta e 2,95 UNT para água tratada. O C.V. para este parâmetro físico é de 156% para água bruta e 131% para água tratada. Assim como para cor a dispersão dos dados de turbidez é muito alta e pode ser explicada pelos mesmos motivos. Neste parâmetro também foi possível afirmar que a turbidez inicial da água antes do tratamento influencia nas características de turbidez da água tratada, pois apesar da remoção dessa turbidez inicial a variação dos dados ainda permaneceu. O ideal é que a turbidez da água assim como outros parâmetros varie pouco na água tratada

**Tabela 9** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Turbidez

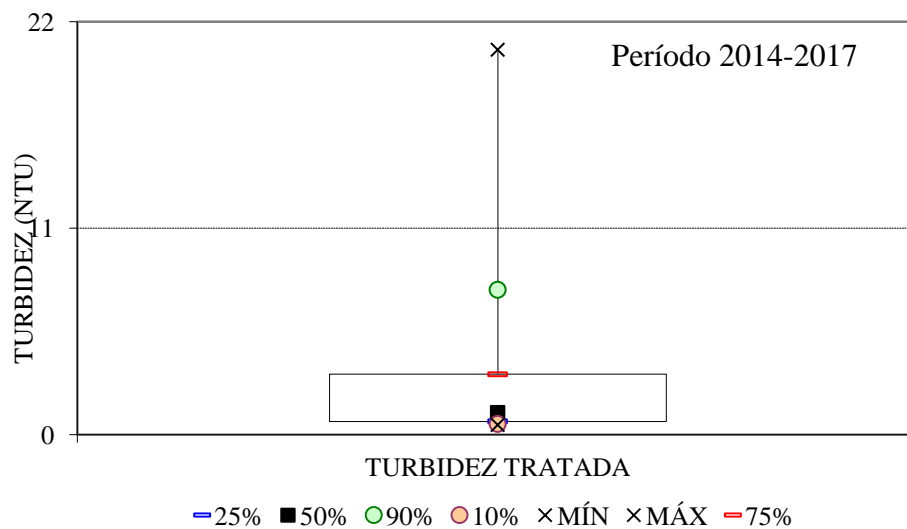
<b>Dados estatísticos de Turbidez (NTU)</b>		
	<b>Bruta</b>	<b>Tratada</b>
<b>Núm dados</b>	47	47
<b>Média</b>	47,34	2,95
<b>Mínimo</b>	6,16	0,51
<b>Máximo</b>	291,74	20,52
<b>Desvio padrão</b>	73,6	3,9
<b>Coef. Var</b>	156%	131%

**Figura 18** - Gráfico Boxplot para turbidez da água bruta e água tratada.



Assim como o gráfico Boxplot do parâmetro cor, na Figura 18 a diferença dos dados entre água bruta x água tratada dificulta a visualização nas variações em um mesmo gráfico. Portanto, foi feito outro gráfico Boxplot (Figura 19) somente com os dados da água tratada para melhor visualização da variação desses dados e confirmar o que foi dito acima.

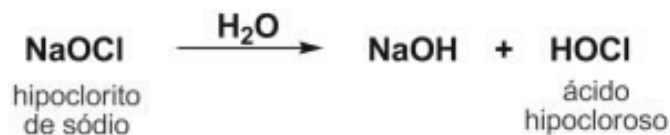
**Figura 19** - Gráfico Boxplot para turbidez da água tratada.



### 5.2.3 pH

As medições de pH nas águas bruta e tratada podem ser visualizadas no gráfico da Figura 20. Na Tabela 10 estão dispostos os dados estatísticos analisados. Dos dados obtidos, a

média pra o pH da água bruta for de 6,2, o qual encontrou-se dentro da faixa de pH permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para água do tipo classe I ou II, isto é, entre 6,0 e 9,0. O pH médio da água tratada foi de 5,6, resultado que não se enquadra nos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde, segundo a Portaria n° 2914/11, que padroniza o pH da água para consumo de 6,5 a 9,0. Porém o pH acidificado pode ser explicado devido a cloração mais elevada que o mínimo necessário, para que a água tratada chegue ao último ponto da rede de distribuição com o mínimo de cloro necessário, para evitar uma possível recontaminação desta. O cloro reage com a água e forma ácido hipocloroso, aumentando assim o pH da água tratada.

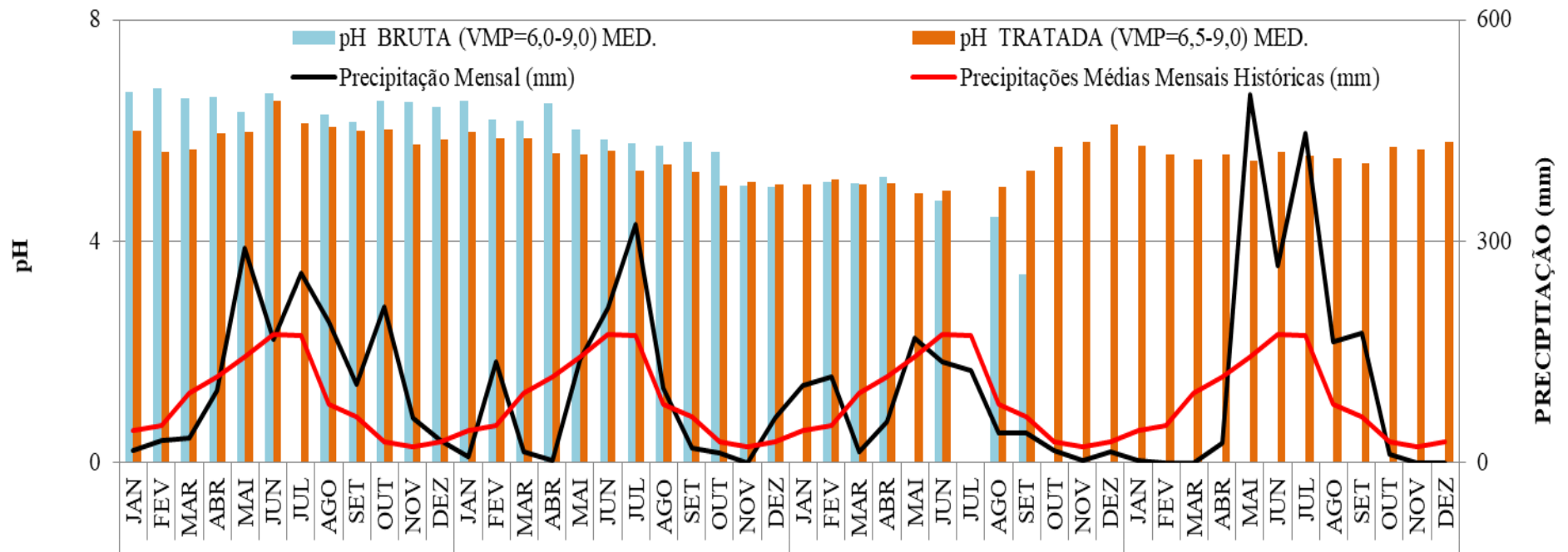


**Tabela 10** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro pH

<b>Dados estatísticos de pH</b>		
	<b>Bruta</b>	<b>Tratada</b>
<b>Núm dados</b>	29	47
<b>Média</b>	5,84	5,57
<b>Mínimo</b>	3,40	4,86
<b>Máximo</b>	6,75	6,53
<b>Desvio padrão</b>	0,8	0,4
<b>Coef. Var</b>	14%	7%

Os menores valores de pH observados foram de 3,4 para a água bruta e 4,9 para a água tratada. É possível observar um ligeiro decréscimo no pH da água bruta por volta de junho/2016 até atingir o mínimo observado em setembro/2016, o pH não se mostrou sensivelmente relacionado a precipitação momentânea, mas este período no qual houve um decréscimo foi o mesmo período no qual o reservatório já estava com seu volume crítico. Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que, com uma elevação na concentração de matéria orgânica são liberadas grandes quantidades de ácido no meio aquático pela decomposição realizada pelos microrganismos presentes (BÁRBARA, 2010). Os valores máximos estão dentro da faixa estipulada na legislação.

**Figura 20** - Comportamento do parâmetro pH com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas

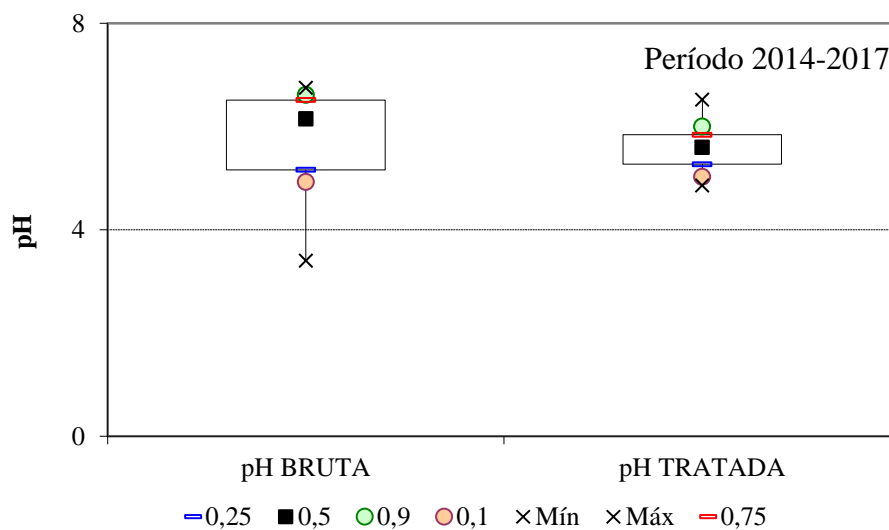


Legenda:

VMP – Valor máximo permitido.

Em termos de variabilidade, o pH apresentou a menor variabilidade entre os parâmetros analisados, apresentando C.V. de 14% para água bruta e 7% para água tratada. A distribuição dos dados do pH poder ser observada no gráfico Boxplot da Figura 21. Para água bruta, este parâmetro está sujeito à mudanças em relação ao meio ambiente, mas a água tratada tem um faixa de pH ideal após o tratamento, para dificultar a corrosão nas tubulações, portanto, é feita uma correção deste ao final do tratamento, e com isso, manter os resultados deste com uma menor variação em relação aos outros.

**Figura 21** - Gráfico Boxplot para pH da água bruta e água tratada.



#### 5.2.4 Alumínio

Os dados estudados não continham valores para esse parâmetro em relação à água bruta, somente para a água tratada.

A Tabela 11 traz os dados estatísticos utilizados na análise junto aos gráficos.

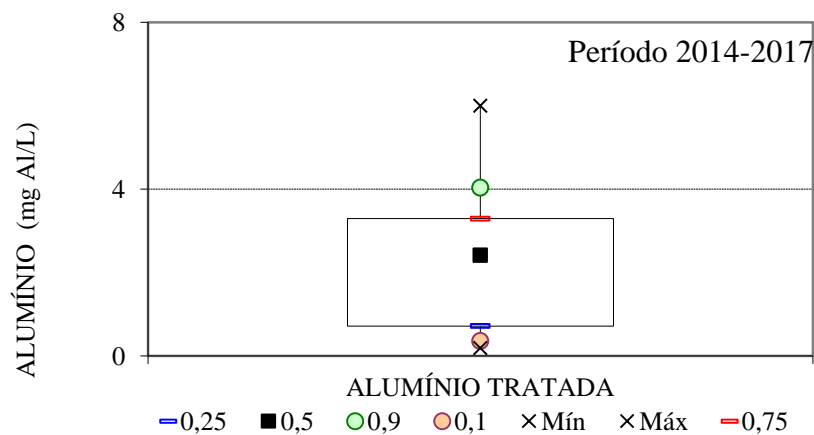
**Tabela 11** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Alumínio

<b>Dados estatísticos de Alumínio (mg/L)</b>	
	<b>Tratada</b>
<b>Núm dados</b>	47
<b>Média</b>	2,25
<b>Mínimo</b>	0,19
<b>Máximo</b>	6,00
<b>Desvio padrão</b>	1,5
<b>Coef. Var</b>	67%

De acordo com a Figura 22, somente dois meses, janeiro e fevereiro de 2015, tiveram média dentro do estipulado nos padrões de potabilidade exigido pelo Ministério da Saúde, segundo o Anexo XX da Portaria nº5/2017 o valor deve ser no máximo igual a 0,2 mg/L. O valor mínimo de alumínio na água tratada foi de 0,2 mg/L, o máximo de 6,0 mg/L e média dos meses durante o período estudado foi de 2,4 mg/L. O coeficiente de variação dos dados é de 67%. O comportamento desta variação pode ser observado no gráfico Boxplot (Figura 23).

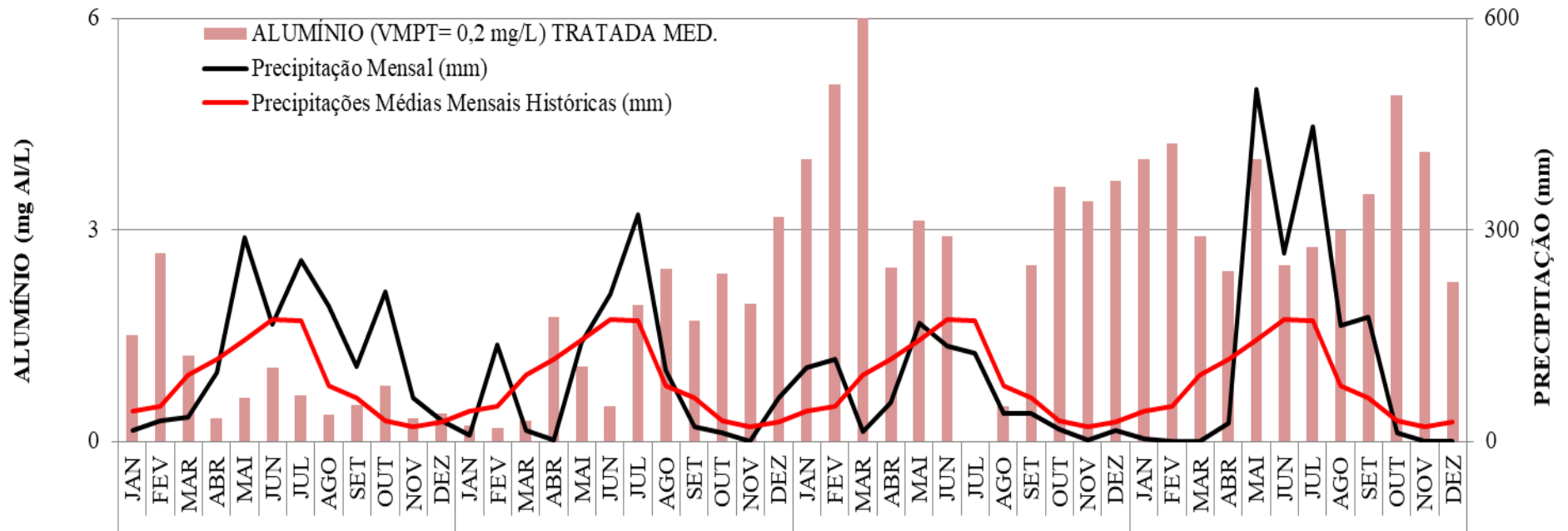
A origem da presença de alumínio na água tratada pode ser devido à adição de coagulantes à base de alumínio no tratamento de água e/ou à presença de elevadas concentrações de alumínio nas origens de água bruta. Como não foi realizada a análise de alumínio na água bruta não foi possível a verificação dessa hipótese. Com isso, os resultados acima do estipulado na legislação podem ser explicados pela utilização de coagulantes no tratamento desta unidade, que adiciona boa parte de alumínio dissolvido biodisponível, devido à adição de sulfato de alumínio para realizar o tratamento, o qual pode deixar resíduos na água tratada. O pH tem grande influência nesse parâmetro, pois se o pH não estiver na faixa ótima de produção da espécie insolúvel de hidróxido de alumínio, que é retirado pela precipitação ou na filtração, então produzirá espécie predominante de alumínio solúvel e a coagulação não será eficaz, podendo apresentar elevadas concentrações de alumínio. A variação na turvação é inversamente proporcional ao nível de alumínio final, onde em uma elevada turvação a probabilidade de colisões entre partículas é maior, as doses de coagulante a adicionar são mais baixas do que seria de esperar. Além destes, a filtração é outro processo que deve ser controlado, para a remoção do precipitado (ROSALINO, 2011).

**Figura 22** - Boxplot para alumínio da água tratada





**Figura 23 -** Comportamento do parâmetro alumínio com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas



Legenda:

VMPT – Valor máximo permitido para água tratada.

### 5.2.5 Alcalinidade

A alcalinidade é tratada como a capacidade de neutralização de ácidos de determinada água, essa propriedade é utilizada como indicador da capacidade tamponante da água em estudo. Dos resultados encontrados e utilizados para a montagem do gráfico da Figura 24, temos que a alcalinidade média da água bruta, do período em que foi realizado, foi de 40,2 mg/L CaCO<sub>3</sub> e de 21,2 mg/L CaCO<sub>3</sub> para água tratada. A água bruta apresentou uma variação de 31,8 até 54,0 mg/L CaCO<sub>3</sub>, já a água tratada variou de 2,0 até 43,8 mg/L CaCO<sub>3</sub>, como disposto na Tabela 12 .

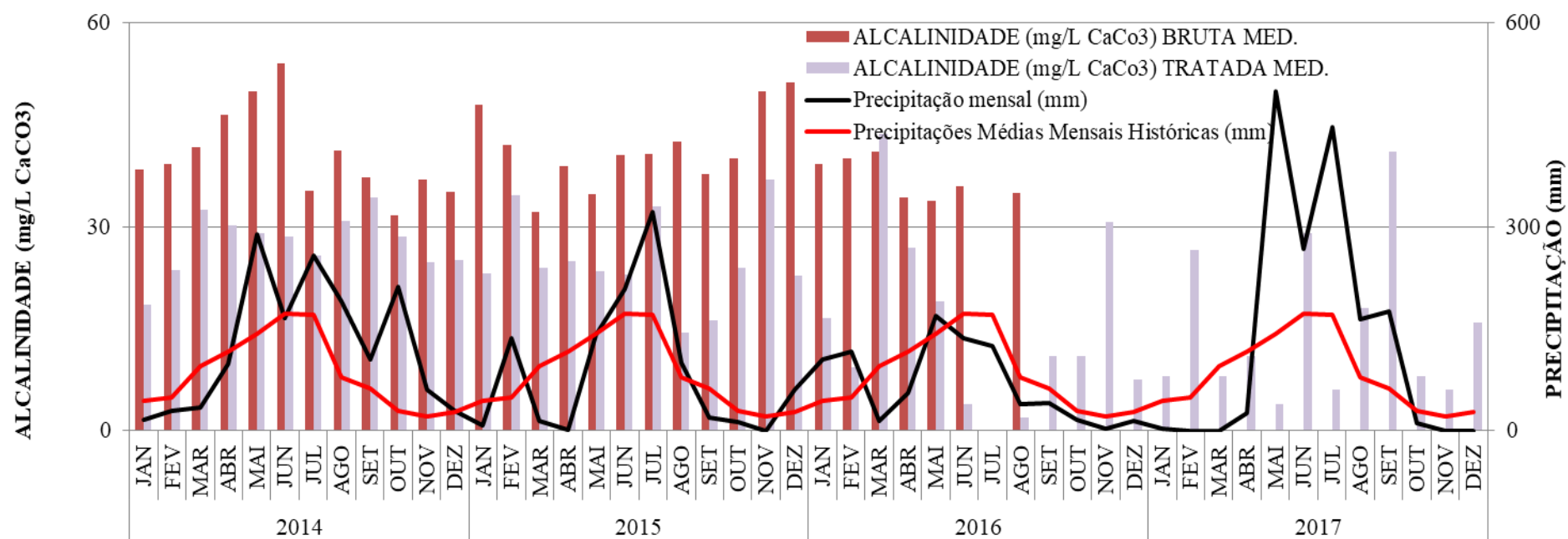
**Tabela 12** - Dados estatísticos utilizados na análise do parâmetro Alcalinidade

<b>Dados estatísticos de Alcalinidade</b>		
	<b>Bruta</b>	<b>Tratada</b>
<b>Núm dados</b>	31	47
<b>Média</b>	40,18	21,20
<b>Mínimo</b>	31,75	2
<b>Máximo</b>	54,00	43,75
<b>Desvio padrão</b>	5,7	10,6
<b>Coef. Var</b>	14%	50%

A alcalinidade está relacionada à presença de carbonatos e bicarbonatos, e também reflete o tipo de solo por onde a água passa. O pH e a alcalinidade estão relacionados, água com alcalinidade elevada tem um pH geralmente elevado, no caso deste estudo a baixa alcalinidade também esta relacionada com o pH ácido da água. Em água com alcalinidade baixa, quando se adiciona o coagulante à base de alumínio, este consome parte da alcalinidade da água e reduz ainda mais o pH, desta forma provoca a diminuição do pH de forma a sair da faixa ótima de trabalho, que provoca aumento no residual de alumínio (ROSALINO, 2011) e acarreta em custos adicionais com produtos químicos utilizados na correção do seu pH (SILVA et al., 2007).

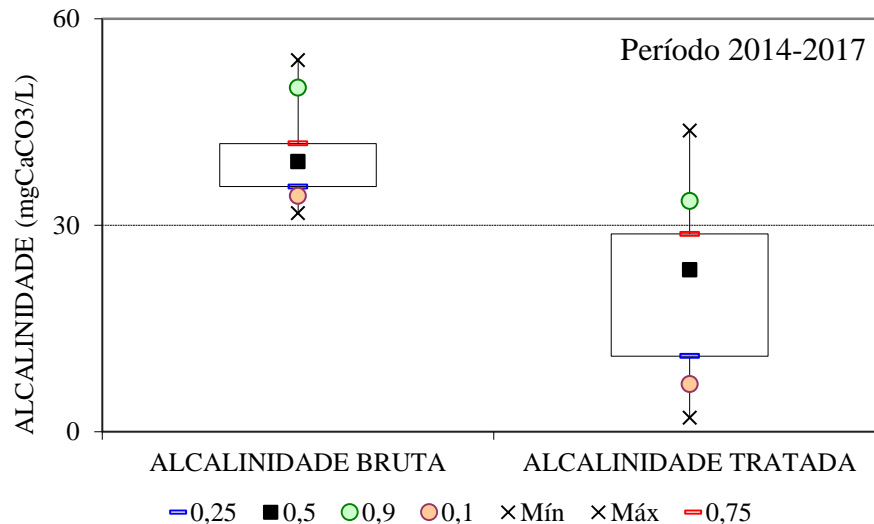
No gráfico da Figura 24 também é possível observar uma variação com a precipitação. Apesar de ocorrer um delay, a alcalinidade da água bruta sofre uma diminuição após períodos de precipitação, provavelmente efeito da diluição da concentração dos íons carbonatos e bicarbonatos (FRAGA et al, 2012).

**Figura 24** - Comportamento do parâmetro alcalinidade com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas



O comportamento da variação destes dados pode ser observado no gráfico Boxplot da Figura 25. O coeficiente de variação apresentado para a alcalinidade é de 14% para água bruta e 50% para água tratada. O elevado coeficiente de variação da água bruta dá-se pelo baixo pH desta água, no qual a alcalinidade tende a neutralizar os ácidos presentes e que são variáveis.

**Figura 25** - Gráfico Boxplot para alcalinidade da água bruta e água tratada.



### 5.2.6 Cloro residual

A Tabela 13 mostra os dados estatísticos estudados, os quais contêm dados somente para água tratada. Porém foi feito os mesmos dados para água tratada retirando o dado do mês de outubro/2016, devido a grande discrepância em relação aos outros dados desse parâmetro e não ter correlação com outros parâmetros neste mesmo mês.

**Tabela 13** - Dados estatístico utilizados na análise do parâmetro Cloro residual, com e sem o dado do mês de outubro/2016

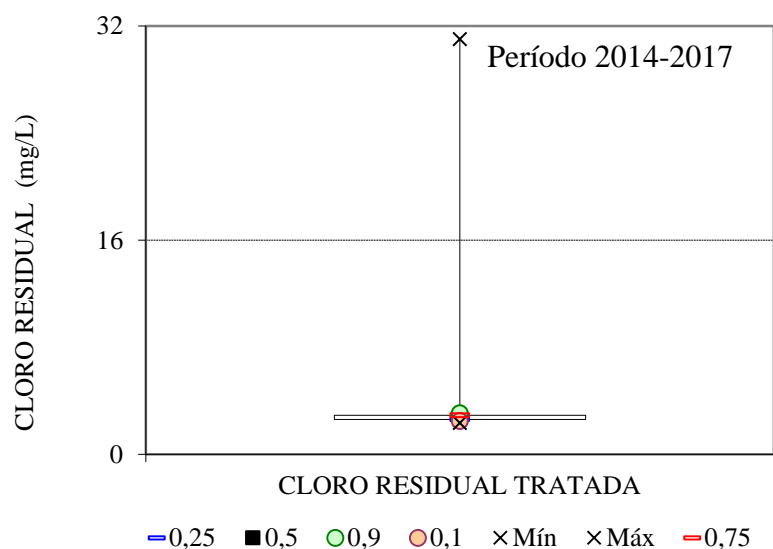
Dados estatísticos de Cloro residual (mg/L)		
	Tratada com out/2016	Tratada sem out/2016
Núm dados	18	17
Média	4,30	2,73
Mínimo	2,31	2,31
Máximo	31,00	3,10
Desvio padrão	6,7	0,2
Coef. Var	155%	8%

De acordo com a Tabela 13, durante o período estudado, os valores encontram-se na faixa aceitável estipulado pelo Anexo XX da Portaria de consolidação nº 5/2017, que é de 0,5 a 5 mg/L. O valor médio deste parâmetro durante o período no qual foi analisado é de 2,7 mg/L, sendo que os valores estão compreendidos entre 2,3 a 31,0 mg/L.

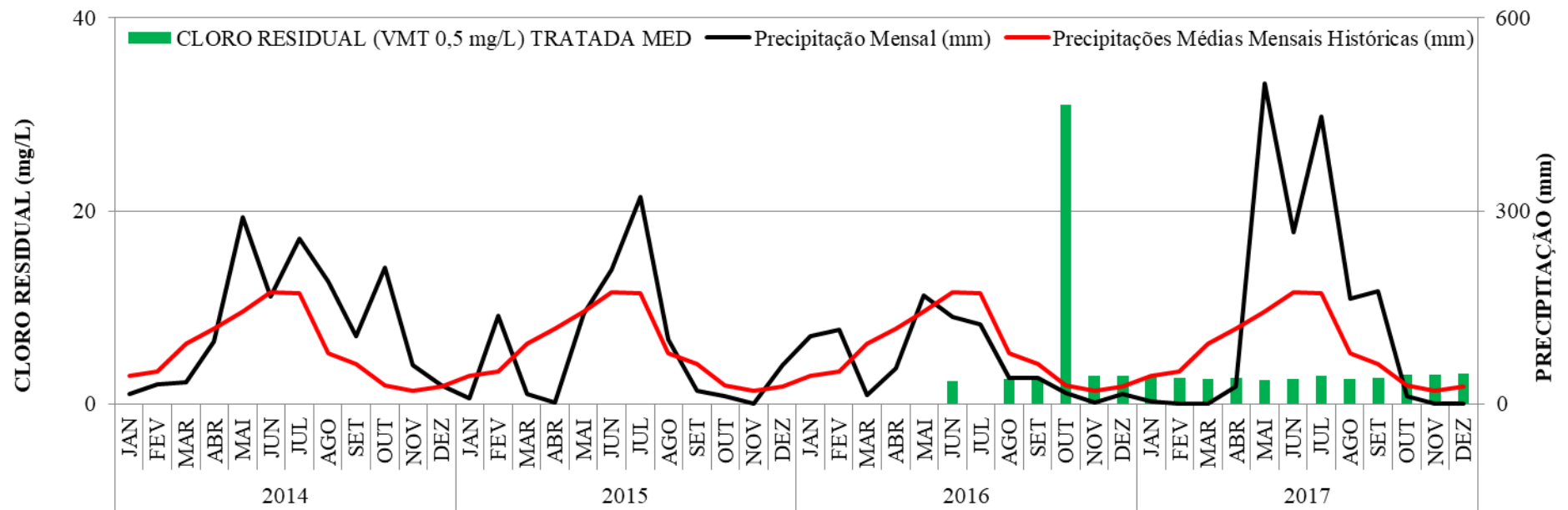
A manutenção de certa concentração do cloro reativo por toda a rede de distribuição, para que impossibilite a introdução de patógenos após o tratamento por meio das tubulações é complicada, pelo fato de que o cloro reagir com substâncias orgânicas e inorgânicas que podem estar na água e nos materiais da tubulação. Com isso, para garantir que no ponto mais distante da rede de distribuição a concentração mínima esteja mantida é feito o aumento da concentração de cloro na saída da ETA, e dependendo da distância percorrida é feito um reforço de cloro no trajeto (COSTA, 2015).

Pela Figura 26, podemos observar um dado muito diferente dos outros, que muito provavelmente foi algum erro de digitação nos dados, mas também é possível que tenha acontecido algum problema operacional pontual, pois os dados utilizados são médias mensais. A hipótese do erro de digitação é embasada pelo gráfico Boxplot da Figura 27, que evidencia visualmente a dispersão dos dados, onde o C.V. do cloro residual é de 155% se utilizando deste dado, mas quando retirado o C.V. passa a ser 8%. Junto a isso, em comparação aos outros gráficos, pode-se perceber que este mês não apresenta outras discrepâncias em relação aos outros parâmetros.

**Figura 26** - Gráfico Boxplot para cloro residual da água tratada.



**Figura 27** - Comportamento do parâmetro cloro residual com relação ao acumulado da precipitação mensal e precipitações mensais históricas



Legenda:

VMT – Valor mínimo para água tratada.

## 6 CONCLUSÃO

A partir da análise dos dados de monitoramento da ETA Poço Comprido, da Barragem Inhumas e dos níveis de precipitação e do reservatório estudados no período de 4 anos (2014 a 2017) avaliado neste trabalho, foi possível atestar que a qualidade da água do reservatório interfere na operação da ETA, podendo levar a não conformidade de alguns parâmetros.

Entretanto, a tecnologia utilizada no tratamento da água bruta do reservatório de Inhumas (ETA Compacta Convencional) é uma tecnologia robusta que permite a garantia da qualidade admissível ao sistema público mesmo em momentos mais críticos da qualidade do manancial observados no período de agosto/2015 a abril/2017, considerados atípicos e críticos.

A unidade opera a níveis satisfatórios, conseguindo bons valores nas avaliações dos parâmetros, produzindo água tratada dentro das especificações das legislações brasileiras vigentes, a não ser por dois parâmetros que se encontram fora do intervalo estipulado, o pH e o alumínio. O pH é corrigido para um nível um pouco abaixo da faixa estipulada pela legislação, já o alumínio é um subproduto oriundo dos insumos químicos utilizados no tratamento da água por esta ETA compacta.

Dos resultados obtidos pode-se observar a relação direta de alguns parâmetros físicos da água bruta para com a água tratada, sendo estes a cor, turbidez e pH os mais impactados e que tem um rebatimento imediato na característica da água tratada em termos de aparência levando ao consumidor final a percepção que a qualidade da água não está adequada de imediato.

Sugere-se reavaliar adicionar etapas de polimento da água usando tecnologia para remoção de cor, turbidez e alumínio residual na água tratada para atingimento dos padrões brasileiros de potabilidade e consumo humano.

## 7 REFERÊNCIAS

ABREU, N. **Da captação à distribuição, o caminho que a água faz até nossas casas.** 09 de março de 2017. Disponível em: <<http://autossustentavel.com/2017/03/estacao-tratamento-agua-eta.html>> Acesso em: 25 de outubro de 2018.

ADITAL – Notícias da América Latina e Caribe. **Degradação de mananciais põe em risco abastecimento de água.** Disponível em: <<http://www.adital.com.br/site/noticia.asp?lang=PT&cod=12563>> Acesso em: 25 de outubro de 2018.

APAC –. Agência Pernambucana das Águas. **Bacia do rio Mundaú.** Disponível em: <[http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page\\_id=5&subpage\\_id=19](http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=19)>. Acesso em: 02 de março de 2018.

BÁRBARA, V. F. *et al.*; **Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP.** Revista Biociências, UNITAU. Volume 16, número 1, 2010. Disponível em: <[periodicos.unitau.br](http://periodicos.unitau.br)>

BÁRBARA, V. F.; CUNHA, A. C.; SIQUEIRA, E. Q. **Monitoramento sazonal da qualidade da água do rio Araguari/AP.** Revista de Biociências, UNITAU, v. 16, n. 1, p. 57-72, 2010.

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.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 05**, de 03 de outubro de 2017. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n.º 357**, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, Brasília, DF.

CAVALCANTI, H. F. **Avaliação ambiental de nascentes do Rio Mundaú, Garanhuns – PE.** Dissertação / Helene Ferreira Cavalcanti – Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão - SE, 2013.

CESAN. **Apostila Tratamento de Água**, 2013. Disponível em: <<http://www.cesan.com.br/wp->



[content/uploads/2013/08/APOSTILA\\_DE\\_TRATAMENTO\\_DE\\_AGUA-.pdf](#)> Acesso em 28 de outubro de 2018.

COSTA, A. M.; SILVAS, B. P. C.; CASTRO, R. R. O. **Análise da concentração de cloro livre, cloro total, pH e temperatura em alguns pontos de consumo abastecidos pela rede pública de distribuição na cidade de Curitiba/PR.** 2015. 91f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

SILVA, D. F.; **Análise de aspectos climatológicos, agroeconômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do Rio Mundaú (AL e PE)** / Djane Fonseca da Silva.— Campina Grande, 2009.

DEUS, R.A. S. G.; *et al.* **O uso do sensoriamento remoto no mapeamento de áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Inhaúma – PE/AL.** Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Santos –SP, 2017.

FRAGA, R. S. *et al.*; **Influência da precipitação sobre parâmetros de qualidade da água utilizada para irrigação do morangueiro no município de Turuçu-RS.** R. Bras. Agrociência, Pelotas, v.18 n. 1-4, p.81-94, jan-mar, 2012.

GOMES, D. D. M.; *et al.* **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Mundaú - PE/AL.** Universidade de Pernambuco – UPE, Campus Garanhuns. Garanhuns – PE, 2014.

GOMES, D. D. M.; *et al.* **Mapeamento e caracterização dos sistemas ambientais da bacia hidrográfica do Rio Mundaú -PE/AL.** Caderno de Geografia, vol. 26, núm. 2, pp. 272-299 Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, Brasil. 2016.

HENRIQUES, D. C. *et al.* **Coloração de corpos d'água como indicador de poluição.** Colégio Dante Alighieri. Al. Jaú, 1061. São Paulo, SP. CEP: 01420-001 \*suzana.ursi@cda.colegiodante.com.br; Instituto Construir e Conhecer; Goiânia; Enciclopédia Biosfera N.05; 2008; ISSN 1809-05831.

LIMA, C. E. S.; GOMES, D. D. M.; GOLDFARB, M. C. **Deteção de mudanças na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Inhaúma – PE/AL, por meio de técnicas de Geoprocessamento e dados de Sensoriamento Remoto.** Revista do REGNE, vol. 2, Nº Especial, 2016.

MAROTTA, H.; PINHO, L.; ENRICH-PRAST, A.; **Relação positiva entre pluviosidade, carbono orgânico dissolvido e a supersaturação de CO<sub>2</sub> em uma lagoa costeira tropical.**

Laboratório de biogeoquímica, depto. de ecologia, inst. de biologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ilha do Fundão. Caixa postal: 68020, CEP: 21941-590. Rio de Janeiro, Brasil. Oecol. Bras., 12 (1): 92-99, 2008.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, Qualidade da água. Disponível em: < <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/qualidade-da-agua/>>. Acesso em 28 de outubro de 2018.

ROSALINO, M. R. R. **Potenciais efeitos da presença de alumínio na água de consumo humano.** Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Novembro de 2011.

SANTOS, A. B.\*; MATSUMOTO, T.; **Remoção de cor da água de abastecimento em diferentes níveis de pH.** Endereço (\*): Alameda Bahia, 550 - Departamento de Engenharia Civil - CEP15385-000 – Ilha Solteira – SP. Fone: +55(18)3743-1125 Fax: +55(18)3743-1160. e-mail: [ailtonbarretho@bol.com.br](mailto:ailtonbarretho@bol.com.br); XXVIII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, México, 27 a 31 de octubre, 2002.

SENS, M. L., **Tratamento de águas de abastecimento.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Sem data. Disponível em: <[www.googleimagens.com.br](http://www.googleimagens.com.br)> Acesso em 28 de outubro de 2018.

SILVA, M. E. R.; AQUINO, M. D.; SANTOS, A. B. **Pós-tratamento de efluentes provenientes de reatores anaeróbios tratando esgotos sanitários por coagulantes naturais e não-naturais.** Revista Tecnologia, v. 28, n. 2, p. 178-190, 2007.

TRINDADE, P. B. C. B. et al. **Análise de qualidade da água no reservatório de Rio Bonito (ES).** Revista Científica FAESA / Sistema FAESA de Educação. V. 10, n. 1, jan./dez. 2014. ISSN 1809-7367.

TUCCI, C.E.M. **Gestão da água no Brasil.** Cap. 2. Brasília. Ed. Unesco p27-39. 2001.

UPDRONEPE. **Barragem Inhumas – Garanhuns PE – UPDRONE.** Publicado em 16 de março de 2018. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=Ma7c4axwouM> > Acesso em 28 de outubro de 2018.