



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA HIDRÁULICA E AMBIENTAL**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**GEOVANE SANTOS BORBA**

**IMPACTO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO LOCALIZADAS NA CIDADE DE FORTALEZA-CE**

**FORTALEZA**

**2021**

GEOVANE SANTOS BORBA

IMPACTO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO LOCALIZADAS NA CIDADE DE FORTALEZA-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental  
do Centro de Tecnologia da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia  
Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto.

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B719i Borba, Geovane Santos.  
Impacto da sazonalidade climática em estações de tratamento de esgoto localizadas na cidade de Fortaleza-CE / Geovane Santos Borba. – 2021.  
57 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental, Fortaleza, 2021.  
Orientação: Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto.
1. Esgoto. 2. Confiabilidade. 3. Sazonalidade. I. Título.

CDD 628

---

GEOVANE SANTOS BORBA

IMPACTO DA SAZONALIDADE CLIMÁTICA EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO LOCALIZADAS NA CIDADE DE FORTALEZA-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental  
do Centro de Tecnologia da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial à  
obtenção do grau de bacharel em Engenharia  
Ambiental.

Aprovada em: 30/08/2021.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Bárbara Araújo Nunes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Eng<sup>o</sup> Marcos Luiz Soares de Moreira  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais, pelo suporte em todas as situações.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero de agradecer a Deus, minha família (meus Pais Antônio e Elenir e minha irmã mais nova Letícia) e amigos (em especial Jorgiane, Ster e Kareninne), pelo suporte amor e carinho.

A Universidade Federal do Ceará (UFC), por toda assistência pedagógica, educacional e estrutural que me propuseram durante a graduação.

Ao meu supervisor de estágio Geraldo Jorge e meu colega de trabalho Marcos Luiz, por me ajudarem nesse projeto e sempre terem paciência em me orientar com suas dicas e conhecimento, melhorando meu aprendizado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Iran Eduardo Lima Neto, por me ajudar nesse trabalho e pela paciência.

A Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) e todos os colaboradores da GEOPE, em especial ao meu coordenador da gerência Carlos Adller, ao Gerente Antônio neto, por me proporcionarem uma experiência profissional incomparável, na qual pude otimizar meu conhecimento na área de saneamento.

A todos os professores do curso de Engenharia Ambiental da UFC, pela dedicação a ciência, a universidade e aos alunos.

A todos que de forma direta ou indireta fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Era uma vez um czar naturalista que caçava homens. Quando lhe disseram que também se caçam borboletas e andorinhas, ficou muito espantado e achou uma barbaridade.”

(Carlos Drummond de Andrade).

## RESUMO

Várias Estações de Tratamento de Esgoto pelo Brasil apresentam problemas tanto estruturais quanto de operação o que pode ser prejudicial para o descarte nos recursos hídricos em que são despejados os efluentes dessas unidades. Por isso torna-se de grande importância o estudo da confiabilidade desses e as particularidades ambientais nas quais essas estações estão inseridas. O objetivo deste trabalho é realizar uma investigação da relação entre a sazonalidade característica do clima da cidade de Fortaleza e o comportamento do efluente de 23 Estações de Tratamento de Esgoto através da avaliação de confiabilidade e percentual de Metas de atendimento aos padrões legislativos dessas Estações e utilizando seis parâmetros de qualidade de água para essa avaliação. Os resultados mostraram que os parâmetros de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST) são os mais afetados pela sazonalidade climática onde, para coeficientes de determinação entre 0,40 e 0,83, mostraram que quanto maior a chuva maior a diluição desses parâmetros. Para os parâmetros Coliformes Totais (CT) e *Escherichia Coli* (EC) foram encontrados coeficientes de determinação entre 0,16 a 0,63. Apesar desses valores serem um pouco menores, ainda assim, vemos que também há uma correlação entre chuva e qualidade, porém, ao contrário do que se desenvolve com os parâmetros DQO e SST, maiores volumes de chuvas contribuem para concentrações maiores de CT e EC ou seja, atribuídos principalmente a lixiviação. Os parâmetros pH e Cloro Residual Livre já mostraram valores bem baixos de coeficiente de determinação em comparação com os parâmetros anteriores mostrando a não influência da lixiviação nesses parâmetros. A partir dessa constatação, o estudo prosseguiu a desenvolver avaliações semestrais. Os box-plots produzidos e as estatísticas descritivas também corroboram com os resultados citados anteriormente. Os cálculos obtidos do percentual de metas de atendimento confirmam novamente que a performance da maioria das estações muda de acordo com a sazonalidade. No primeiro semestre do ano as metas de atendimento são mais fáceis de serem cumpridas pela maioria das estações com relação aos parâmetros de DQO e SST. Essa situação inverte-se quando nos referimos aos parâmetros de CT e EC onde as metas são mais facilmente cumpridas no segundo semestre do ano. É importante investigar as situações ambientais em que se encontram tanto as Estações de Tratamento de Esgoto quanto o Sistemas de Esgotamento Sanitários que conduzem os esgotos.

**Palavras-chave:** Confiabilidade; Sazonalidade; Esgoto.

## ABSTRACT

A lot of Wastewater Treatment Plants in Brazil have both structural and operational problems, which can be detrimental to the discharge into the water resources where the effluents from these units are discharged. Therefore, it is really important to study their reliability and the environmental particularities in which these plants are inserted. The purpose of this work is to investigate the relationship between the seasonality characteristic of the climate of the city of Fortaleza and the behavior of the effluent from 23 Wastewater Treatment Plants through the evaluation of reliability and percentage of Targets of compliance with the legislative standards of these plants and using six water quality parameters for this evaluation. The results showed that the Chemical Oxygen Demand (COD) and Total Suspended Solids (TSS) parameters are the most affected by the climatic seasonality where, for coefficients of determination between 0.40 and 0.83, showed that the greater the rainfall the greater the dilution of these parameters. For the parameters Total Coliforms and *Escherichia Coli* coefficients of determination were found between 0.16 and 0.63. Although these values are a little lower, and we still see that there is also a correlation between rainfall and quality, however, contrary to what develops with the parameters Chemical Oxygen Demand and Total Suspended Solids, higher rainfall volumes contribute to higher concentrations of Total Coliforms (TC) and *Escherichia Coli* (EC), which is attributed mainly to leaching. The parameters pH and Free Residual Chlorine already showed very low values of coefficient of determination compared to the previous parameters showing no influence of leaching on these parameters. From these last results, the study proceeded to develop semi-annual evaluations. The box-plots produced and the descriptive statistics also corroborate the results cited above. The calculations obtained by percentage of attendance targets again confirms that the performance of most stations changes according to seasonality. In the first half of the year the goals are easier to meet for most stations with respect to the parameters COD and TSS. This situation is inverted when it refers to the TC and EC parameters, where the goals are more easily met in the second half of the year. It is important to investigate the environmental situations in which both the Wastewater Treatment Plants and the Sanitary Sewage Systems that conduct the sewage are found.

**Keywords:** Reliability; Seasonality; Sewer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da Composição Tradicional do Tratamento de Efluente Doméstico.....	18
Figura 2 - Tratamento Preliminar da ETE Itaperussu.....	19
Figura 3 - Esquema simples do comportamento interno de um Reator UASB.....	20
Figura 4 - Esquema ilustrativos dos subtipos de Sistemas de Lodos Ativados.....	21
Figura 5 - Esquematização simples do Filtro Submerso Aerado.....	23
Figura 6 - Gráficos de comparação entre chuva e os parâmetros: DQO e SST.....	31
Figura 7 - Gráficos de comparação entre chuva anual e os parâmetros: DQO e SST....	32
Figura 8 - Gráficos de comparação entre chuva e CRL.....	33
Figura 9 - Gráficos gerados a partir da comparação chuva e parâmetros: EC e CT.....	34
Figura 10 - Gráficos de comparação entre as curvas de chuva anual e os parâmetros: CT e EC.....	35
Figura 11 - Comparação entra as curvas de pH e chuvas anuais e mensais.....	35
Figura 12 - Box-plot da estatística descritiva da concentração dos 6 parâmetros por semestre.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Faixas e eficiência por parâmetro de acordo com a modalidade.....	22
Tabela 2	- Faixas de eficiência da combinação das unidades Reator UASB e Filtro Submerso Aerado.....	23
Tabela 3	- Características, descrição e parâmetros a serem analisados para Qualidade da água.....	24
Tabela 4	- Faixas de concentrações típicas de alguns parâmetros de Esgoto Doméstico.....	25
Tabela 5	- Descrição dos tipos de unidades utilizadas em cada ETE e se há tratamento preliminar. ....	28
Tabela 6	- Valores da variável normal padronizada para diferentes níveis de confiabilidade.....	29
Tabela 7	- Procedimento de cálculo do CDC, mx e percentual esperado de atendimento às metas.....	30
Tabela 8	- Estatística descritiva UASB.....	36
Tabela 9	- Estatística descritiva UASB+FSA+DL.....	37
Tabela 10	- Estatística descritiva Lodo Ativado.....	37
Tabela 11	- Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro DQO.....	39
Tabela 12	- Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para DQO.....	40
Tabela 13	- Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para DQO.....	41
Tabela 14	- Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro SST.....	42

Tabela 15 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para SST.....	43
Tabela 16 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para SST.....	44
Tabela 17 – Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro CT.....	45
Tabela 18 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para CT.....	46
Tabela 19 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para CT.....	47
Tabela 20 – Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro EC.....	48
Tabela 21 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para EC.....	49
Tabela 22 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para EC.....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CDC	Coeficiente de Confiabilidade
CRL	Cloro Residual Livre
CT	Coliformes Totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EC	<i>Eschechiria Coli.</i>
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETE's	Estações de Tratamento de Esgoto
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
Mx	Concentração média esperada para atendimento à meta
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
pH	Potencial hidrogênico
Qi	Quartil inferior
Qs	Quartil superior
S1	Primeiro Semestre
S2	Segundo Semestre
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SST	Sólidos Suspensos Totais
DL	Decantador Lamelar
CV	Coeficiente de Variação

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS PRINCIPAIS E ESPECÍFICOS</b> .....	16
2.1 Objetivo Principal .....	16
2.2 Objetivos Específicos .....	16
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	17
3.1 Sazonalidade Climática no Estado do Ceará.....	17
3.2 Sistemas de Esgotamento Sanitário e de Drenagem Urbana .....	17
3.3 Configuração de Estações de Tratamento de Esgoto .....	18
3.4 Tratamento Preliminar.....	18
3.4.1 <i>Gradeamento</i> .....	19
3.4.2 <i>Desarenador (caixa de areia)</i> .....	19
3.4.3 <i>Calha Parshall</i> .....	19
3.5 Tratamento Anaeróbio .....	20
3.5.1 <i>Reator UASB</i> .....	20
3.6 Tratamento Primário e Secundário .....	21
3.6.1 <i>Lodos Ativados</i> .....	21
3.6.2 <i>Filtro Submerso Aerado</i> .....	22
3.7 Tratamento Terciário e Desinfecção .....	23
3.8 Decantador Lamelar .....	24
3.9 Composição do Esgoto e principais parâmetros de qualidade da água .....	24
3.9.1 <i>Demanda Química de Oxigênio (DQO)</i> .....	25
3.9.2 <i>Sólidos Suspensos Totais (SST)</i> .....	25
3.9.3 <i>Coliformes Totais (CT) e Escherichia Coli (EC)</i> .....	25
3.10 Legislação Ambiental.....	26
3.11 Estatística e Confiabilidade.....	27
<b>4. METODOLOGIA</b> .....	27
4.1 Características e abordagem do estudo.....	27
4.2 Obtenção de Dados e detalhamento das ETE's .....	27
4.3 <i>Outliers</i> .....	28
4.4 Comparação entre precipitação e parâmetro .....	29
4.5 Estatística Descritiva.....	29
4.6 Cálculo de Confiabilidade e Percentual de metas de atendimento .....	29
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
5.1 Comparação entre precipitação e cada parâmetro .....	31
5.1.1 DQO e SST.....	31

5.1.2 CRL .....	33
5.1.3 CT e EC.....	34
5.1.3 pH.....	35
5.2 Estatística Descritiva das concentrações dos parâmetros .....	36
5.3 Confiabilidade e Percentual de Metas de atendimento por ETE e Sazonalidade .....	39
5.3 Discussões acerca dos resultados obtidos.....	50
6. CONCLUSÕES .....	52
REFERENCIAS .....	53

## 1. INTRODUÇÃO

O despejo de efluentes domésticos *in natura* nos mais variados tipos de recursos hídricos é prejudicial aos ambientes em que se encontram esses recursos (JORDÃO E PESSOA, 2009). O efeito disso é que esse tipo de atividade pode agravar crises na saúde pública (SOUZA, 2007; SOUZA, FREITAS e MORAES 2007.) e a “crise” da água (TUNDISI, 2008). Além disso o aumento na quantidade da implantação de indústrias e a expansão de áreas urbanas estimulou a criação de leis, projetos, planejamento dentre outras ações (governamentais ou não) que visam proteger os recursos e seus ambientes e seu entorno, e garantir um meio ambiente mais seguro, sustentável e higiênico.

A Lei nº. 11.445/2007 que trata da Política Nacional de Saneamento Básico estabelece diretrizes mais específicas para que seja garantida a população o direito constitucional de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Porém, o que se constata na última atualização de dados em 2020 de esgoto da ANA é que 45% da população brasileira não possui acesso a tratamento de esgotos e 55% possui esgotamento sanitário. Através desses números constata-se uma situação preocupante com relação à situação do esgotamento sanitário brasileiro e o tratamento de esgoto.

Mais uma preocupação que se tem é como o clima pode afetar direta ou indiretamente o tratamento de esgoto e os sistemas de esgotamento sanitário. Desde o século passado, as obras de engenharia estruturais voltam-se para construção separada dos coleta de águas pluviais e de esgoto pois, a construção de sistemas únicos para esses dois tipos de efluentes líquidos acarretaria em grandes sistemas hidráulicos inviáveis, porém é importante ressaltar que ligações irregulares podem ser encontrados nos SES, prejudicando assim todo o projeto configurados para os sistemas (FILHO, FONSCECA E ANDRADE, 2019; DIAS E ROSSO, 2011).

Outros fatores do clima que podem afetar os sistemas é a temperatura e o Balanço Hídrico. Estudos relacionados de como a temperatura afeta o tratamento são inferidas em von Sperling (1996), pois nesses sistemas a radiação solar e temperaturas relativamente altas auxiliam o tratamento, principalmente em lagoas de maturação. Em outros casos, vistos principalmente em Secchi, Konrad e Tonetto (2016) e Dornelas et al. (2009), são avaliados os impactos do balanço hídrico e evapotranspiração dentro dos sistemas de tratamento alagados (*wetlands*). Em publicações mais recentes como de Garcia (2016), analisam-se a influencia da sazonalidade na concentração de parâmetros de efluentes.

É nesse contexto que ao longo das últimas décadas foram surgindo várias tecnologias que aperfeiçoaram os tipos de tratamento de efluentes para suprir todas as complicações ambientais que foram sobressaindo desde a segunda metade do século XX até os dias atuais com o crescimento da produção de esgoto tanto industrial como doméstico. Com isso é importante ressaltar a importância dessas tecnologias produzirem um efluente de qualidade mínima de descarte nos recursos hídricos.

É necessário, portanto, que dentro de toda essa conjuntura aplicar diferentes métodos de avaliações das ETE's, sejam eles qualitativos ou quantitativos, para que se tenha uma noção mais ampla de como as estações de tratamento estão atuando como produtoras de efluentes que impactam os recursos hídricos, e para além, saber como o clima atua no comportamento dos parâmetros de qualidade desses efluentes.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O principal objetivo deste trabalho é investigar a correlação entre seis parâmetros de qualidade analisados e a sazonalidade característica da cidade de Fortaleza compreendendo como esse fator impacta esses parâmetros através de uma análise sobre a confiabilidade e percentual de metas de atendimentos a legislação.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Realizar uma análise de estatística descritiva dos principais parâmetros de qualidade analisados pela CAGECE nas três modalidades: Reator UASB, Reator UASB com Filtro Submerso Aerado com Decantador Lamelar e Lodo Ativado;
- Comparar as amostras de médias mensais de concentração dos parâmetros de qualidade e de precipitação
- Produzir curvas de tendências adequadas a essas amostras para comparação entre precipitação e o parâmetro;
- Analisar a confiabilidade e o percentual de atendimento às metas de lançamento por ETE no primeiro e segundo semestre de cada ano;

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Sazonalidade Climática no estado do Ceará**

A variabilidade das condições climáticas pode ser observada em diversas regiões do planeta. Dependendo do local em que se encontram essas regiões, fatores como: localização geográfica, configuração de diferentes altitudes, a proximidade com grandes ecossistemas ou com o oceano, estações do ano, entre outros fatores, o clima altera-se (CAVALCANTI et al., 2009.). Não fugindo a este princípio, a região metropolitana de Fortaleza é submetida dois principais fatores que auxiliam nas condições meteorológicas, e conseqüentemente, a variação climatológica.

O primeiro fator é a localização Geográfica da cidade. Por estar próxima a região do globo onde a incidência de raios solares é mais intensa do que, em comparação, em regiões polares, isso conseqüentemente eleva as temperaturas anuais e as taxas de evaporação e evapotranspiração. Palmer (1965) classificou em seu trabalho várias delimitações dos índices de severidade da seca no estado do Ceará, e a classificação mais intensa em que a cidade de fortaleza se insere nessas delimitações é a de seca moderada. Para Silveira et al. (2011) a taxa média anual de evapotranspiração na cidade pode chegar um nível próximo de 1750 mm.

O segundo fator são as massas de ar Equatorial e Tropical e que conseqüentemente afetam a Zona de Convergência Intertropical do Atlântico (ZCIT). Conforme Cavalcanti et al. (2009, p.25) a ZCIT pode ser descrita como: “banda de nuvens convectivas que se estendem em uma faixa ao longo da zona equatorial [...] migra sazonalmente, em anos normais, de sua posição mais ao norte (em torno de 14°N) para sua posição mais ao sul (em torno de 2°S).” Esse sistema é um dos principais componentes na composição de chuvas no primeiro semestre de todo ano na região nordeste.

#### **3.2 Sistemas de Esgotamento Sanitário e de Drenagem Urbana**

Para esta seção, inicialmente, é importante ressaltar que os Sistemas de Esgotamento Sanitário de Sistemas de Drenagem Urbana podem ser dimensionados em um mesmo sistema, o chamado Sistema Unitário, onde a coleta e condução de efluentes sanitários e águas pluviais convergem na mesma tubulação central, porém, esses sistemas podem acarretar em grandes cargas hidráulicas ao sistema, tornando esses sistemas quase que inviáveis. Com isso, a opção mais viável acaba sendo o separador absoluto onde as tubulações SES iram coletar e conduzir o efluente sanitário, e as tubulações do sistema de drenagem urbana iram coletar e conduzir as águas da chuva. Apesar disso, no Brasil, ainda há problemas de interligações indevidas entre dois sistemas, ou seja, apesar do dimensionamento projetado adequadamente para cada de tipo de modelo de coleta, tanto o SES pode receber contribuição inadequada de

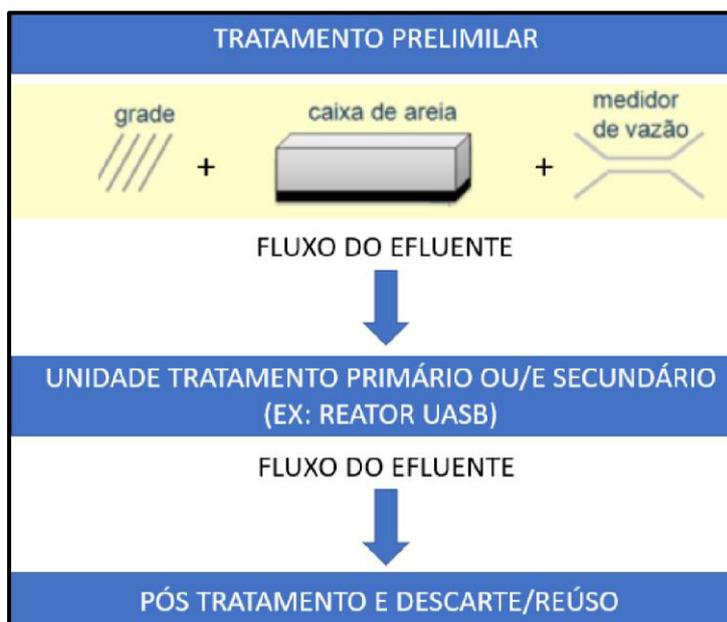
águas pluviais, quanto o SDU pode receber contribuição inadequada de efluentes sanitários.

### 3.3 Configuração de Estações de Tratamento de Esgoto

A NBR (Norma Brasileira):12209/1989 define Estação de Tratamento de Esgoto como: “Conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989, p. 2)

As ETE's podem ter várias configurações dependendo da capacidade populacional para qual ela foi projetada atender, nesse sentido a maioria delas se utilizam de um tratamento preliminar para separação de sólidos grosseiros e areia, portando a figura 1 abaixo exemplifica o fluxograma geral para as estações que tratam esgoto doméstico.

Figura 1- Fluxograma da Composição Tradicional do Tratamento de Efluente Doméstico



Fonte: Autor, (2021).

### 3.4 Tratamento Preliminar

Segundo von Sperling (2005, p.249) define-se tratamento preliminar como: “Nível de tratamento [...] que visa a remoção de sólidos sedimentáveis [...] predominam os mecanismos físicos de remoção de poluentes.” Essa etapa de tratamento visa diminuir os possíveis problemas que poderiam ser causados com a entrada de areia e resíduos sólidos tanto em unidades de tratamento posteriores, conforme Borges et. al (2019), como em estações elevatórias.

### 3.4.1 *Gradeamento*

Ainda em von Sperling (2005) define a etapa do gradeamento com a etapa que impede a passagem dos sólidos mais grosseiros para as próximas etapas do tratamento. Frequentemente os sólidos que são barrados nessa fase são resíduos sólidos que adentram as tubulações do Sistema de Esgotamento Sanitário. A grade pode ser tanto mecanizada como manual, sendo a mais comum a manual por ser a mais econômica. O espaçamento projetado de grades depende de suas geralmente de suas vazões variando entre 4cm-10cm e 1c-2m. (JORDÃO e PESSOA, 2009) também podem ser dimensionadas com velocidades entre 0,4 m/s e 0,75 m/s (NUNES, 2001, p.90)

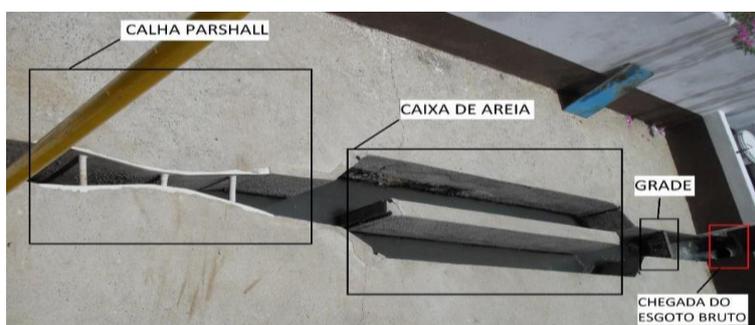
### 3.4.2 *Desarenador (caixa de areia)*

O Desarenador é outra unidade do tratamento preliminar que visa auxiliar na remoção de areia e minerais sedimentáveis. O mecanismo físico continua prevalecendo nessa unidade pois a remoção acontece por sedimentação, e essa operação unitária é facilitada pela densidade dos grãos de areia presentes no esgoto costumam ser bem maiores do que o restante dos componentes presentes no esgoto. Há vários tipos de desarenadores, porém os mais comuns nos projetos de ETE's são as retangulares e sem aeração. Para uma melhor operação em projetos os valores da velocidade devem ser de 0,3 m/s (PIVELI, 2006; NUNES, 2001, p. 99).

### 3.4.3 *Calha Parshall*

A Calha Parshall é um dispositivo usado para medição de vazão de canais podendo atuar tanto como medidor de vazão e como misturador rápido. A leitura da vazão é feita com a aferição dos níveis imprimidos na parede da passagem da calha. A figura 2 exemplifica configuração geral do tratamento preliminar da ETE Itaperussu.

Figura 2 - Tratamento Preliminar da ETE Itaperussu



Fonte: Adaptado de Silva, (2011)

### 3.5 Tratamento Primário e Secundário

Ainda em von Sperling (2005, p.249) define-se tratamento primário como: “remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica.” E tratamento secundário como: “o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes.” Nos tópicos seguintes serão abordados os principais tipos de tratamentos analisados neste trabalho.

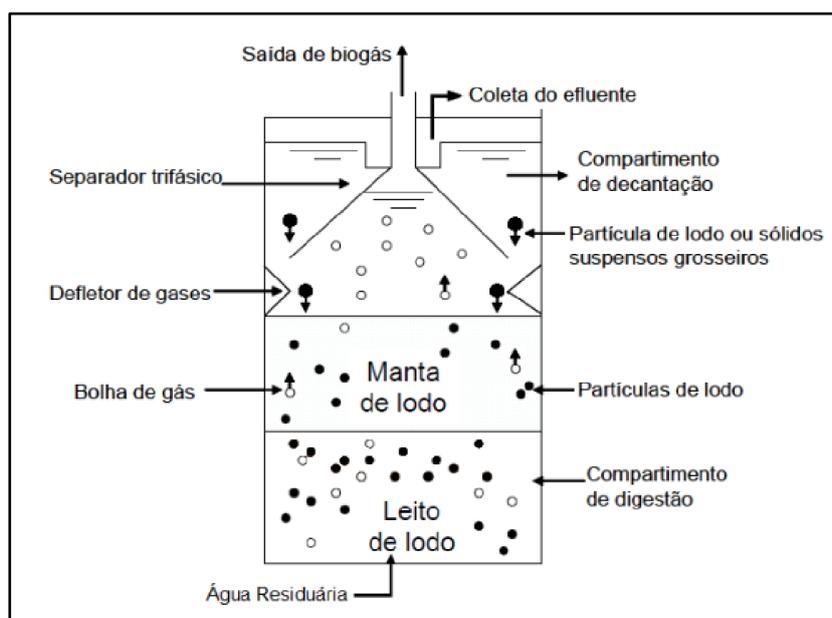
### 3.6 Tratamento Anaeróbio

Dentro do tratamento biológico, a modalidade anaeróbia se diferencia da aeróbia pois as reações envolvendo esse processo de tratamento são facilitadas por bactérias especializadas e por organismos do reino Archea, onde na ausência de oxigênio, utilizam outros aceptores finais de elétrons.

#### 3.6.1 Reator UASB

O Reator UASB constitui-se em um sistema de tratamento anaeróbio onde não há necessidade de decantação primária. No reator a biomassa presente é dispersa no meio produzindo grânulos que, apesar de serem não essenciais, auxiliam na eficiência do sistema (VON SPERLING, 2005) na figura 3 abaixo, encontra-se uma simples esquematização do reator UASB.

Figura 3 - Esquema simples do comportamento interno de um Reator UASB.



Fonte: Adaptado de von Sperling (2005).

Geralmente, o efluente chega em tubulações que vão desde alto do reator e conduzem o efluente até a parte mais inferior do sistema. Na chegada no leito de lodo há uma

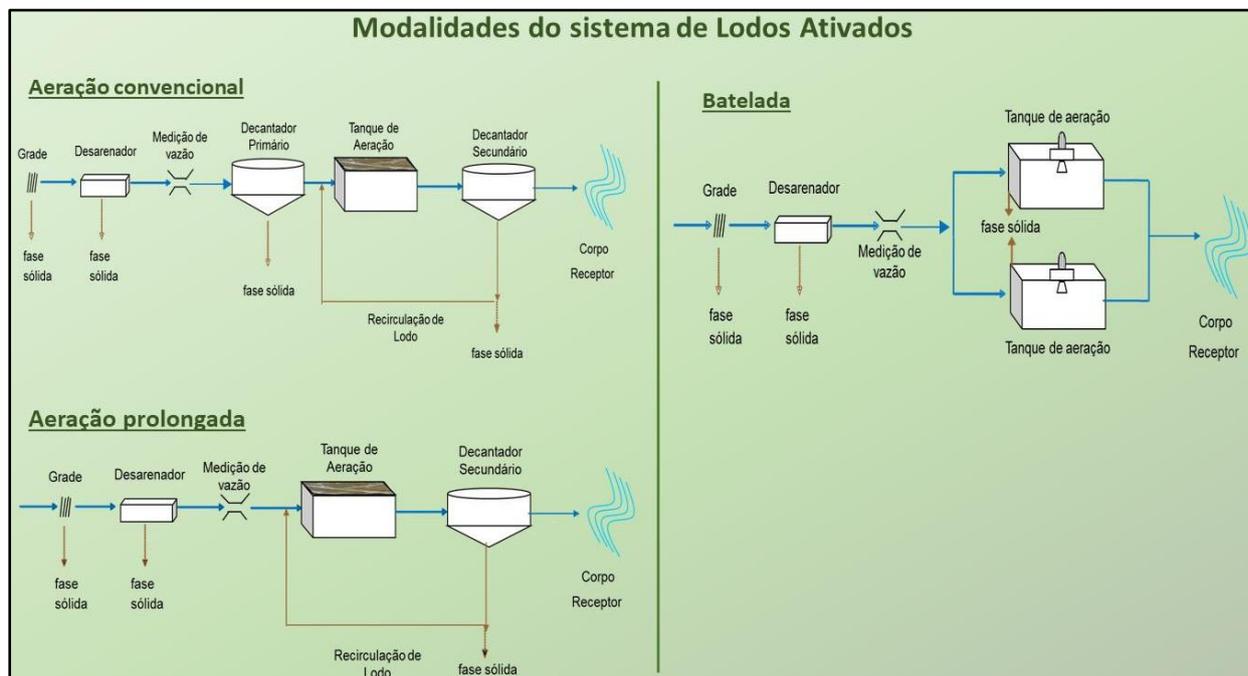
adsorção por parte da matéria orgânica pela biomassa. Com o preenchimento contínuo do reator o fluxo do efluente ascende e juntamente com a atividade anaeróbica o componente separador trifásico auxilia na compartimentação do efluente nas fases sólida, líquida e gasosa. O defletor de gases é outro acessório que auxilia na coleta do biogás produzido. Na parte mais superior do separador coleta-se o biogás produzido e na superior mais externa coleta-se o efluente tratado na secção mais superior externa não associada ao separador trifásico.

Para fins operacionais mais eficazes no dimensionamento os projetos consideram uma altura máxima de 6 metros que vão desde o topo do reator até a parte mais inferior do sistema e um tempo de detenção hidráulica de no mínimo 6 horas para esgotos domésticos e vazões de projetos média (VON SPERLING, 2005, p.297). Na operação é preciso considerar também a o descarte do lodo que decanta pois a não retirada desse lodo pode causar problemas operacionais.

### **3.6.2 Lodo Ativado**

Segundo Jordão e Pessoa (2009, p. 513) define-se lodo ativado como: “Floco produzido pelo crescimento de bactérias zooglías ou outros microrganismos na presença de oxigênio dissolvido e acumulado em concentração o suficiente graças ao retorno de outros flocos provenientes formados.” O processo acontece quando, após a chegada efluente no sistema de tratamento, há uma adição de oxigênio no efluente. Essa adição de oxigênio causa no sistema reações produzindo um lodo e este, por sua vez, é conduzido juntamente com o efluente para a próxima etapa de decantação. Assim, com a separação do lodo decantado, utiliza-se este lodo como retorno para alimentação novamente da etapa anterior de oxigenação (VAN HAANDEL e MARRRAIS, 1999). Esse processo de retorno é essencial para que sistema como um todo funcione de forma eficiente e apesar de ocupar pouca área os custos com operação são mais caros. Na figura 4 encontra-se uma exemplificação das três modalidades de lodo ativado que podem ser organizadas.

Figura 4 - Esquema ilustrativos dos subtipos de Sistemas de Lodos Ativados.



Fonte: H2O engenharia, 2021.

Apesar de serem classificados como fluxo contínuo, os sistemas de aeração prolongada e convencional são diferentes pois na aeração convencional não se utiliza do decantador primário além de ter um tempo maior em que a biomassa irá se permanecer no sistema sendo de 4 a 10 dias para convencional e 18 a 30 dias para aeração prolongada (SANTOS, 2007). O sistema em batelada não se utiliza de um fluxo contínuo, já que todas as etapas do processo acontecem no tanque de aeração. A tabela 1 mostra as principais diferenças com relação a faixa de eficiência de lodo ativado de acordo com modalidade e parâmetro analisado:

Tabela 1 -Faixas e eficiência por parâmetro de acordo com a modalidade.

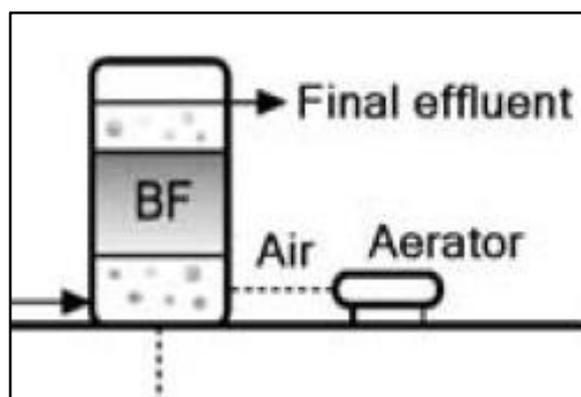
Parâmetro	Modalidade	
	Convencional	Aeração Prolongada
DBO (%)	85-95	93-98
DQO (%)	85-90	90-95
Sólidos em Suspensão (%)	85-95	85-95
Amônia (%)	85-95	90-95
Nitrogênio (%)	25-30	15-25
Fósforo (%)	25-30	10--20
Coliformes (%)	60-90	70-95

Fonte: Adaptado de von Sperling (2005).

### 3.6.3 Filtro Submerso Aerado

O autor von Sperling (2007, p. 294) estabelece Filtro Submerso Aerado como: “[...] constituído por um tanque cheio de um material poroso através do qual as águas residuais e o ar fluem permanentemente. Em quase todos os processos existentes, o meio poroso é mantido em total imersão.” A figura 5 nos mostra um esquema básico do filtro submerso aerado.

Figura 5 - Esquemática simples do Filtro Submerso Aerado.



Fonte: Adaptado de von Sperling (2007)

O processo acontece com a chegada do efluente na parte inferior do sistema com um aerador que insere ar. Com o fluxo contínuo de esgoto o fluído ascende para a parte superior do tanque. Esse sistema, geralmente, vem acompanhado de um reator UASB. Para parâmetros de projeto, o ideal é usar uma faixa de 25 a 40 Nm<sup>3</sup>/kgBOD<sub>removida</sub>. A tabela 2 nos mostra a eficiência de remoção de alguns parâmetros com a aplicação de um sistema UASB e FSA.

Tabela 2 - Faixas de eficiência da combinação das unidades Reator UASB e Filtro Submerso Aerado.

Eficiência	
Parâmetro	UASB + FSA
DBO (%)	85-95
DQO (%)	80-90
Sólidos em Suspensão (%)	85-95

Fonte: Adaptado de von Sperling (2007)

### 3.7 Tratamento Terciário e Desinfecção

O tratamento terciário “objetiva a remoção de poluentes específicos, ou a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento.” (von Sperling, 2005, p.249). Esses poluentes específicos são, em geral, organismos patogênicos, compostos não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos e sólidos em suspensões remanescentes. Dentro do tratamento terciário encontram-se várias modalidades de tratamento

que vão desde a projeção de lagoas de maturação, pós tratamento com cloro e, mais recentemente, a remoção de micro poluentes.

Um dos pós tratamentos mais comuns em tratamento de esgotos domésticos está o pós tratamento com cloro. Este visa melhorias na qualidade da água para descarte, (e conseqüentemente a melhoria da qualidade do efluente), irrigação e recreação, além da inativação seletiva de microrganismos (JORDÃO e PESSOA; 2005, p. 855).

### 3.8 Decantador Lamelar

Os decantadores em geral funcionam como um grande tanque que recebem a água ou efluente para auxiliar na etapa de sedimentação do tratamento (di Bernardo, 2005). O que difere o decantador convencional para o lamelar é que este contém placas ou módulos que diminuem a turbulência, podendo ser encontrado nas formas de: circular, quadrada, hexagonal e retangular.

### 3.9 Composição do Esgoto e principais parâmetros de qualidade da água

Habitualmente, vários elementos podem ser aferidos nos componentes encontrados diluídos na água. Esses elementos são usados para definir parâmetros que serão utilizados como indicadores para compreender melhor a qualidade da água. A tabelas 3 e 4 nos mostra os principais parâmetros que podem ser testados para efluentes domésticos tratados ou não.

Tabela 3 - Características, descrição e parâmetros a serem analisados para Qualidade da água

Características	Parâmetro	Descrição	Água Residuária	
			Bruta	Tratada
Parâmetro Físico	Cor	Responsável pela coloração da água		
	Turbidez	Grau de interferência da passagem de luz		
	Sabor e Odor	Interação entre gosto (salgado, doce, azedo e amargo) e odor (sensação olfativa)		
	Temperatura	Medição da intensidade de Calor	X	
Parâmetro Químico	pH	Potencial Hidrogênico. Concentração de íons de hidrogênio H+ dando a indicação sobre as condições de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Estando entre 0 e 14 a faixa de medição	X	
	Alcalinidade	Capacidade da água de neutralizar ácidos através da medição de íons que podem reagir com íons de hidrogênio.	X	
	Acidez	Capacidade de resistir às mudanças de pH causadas pelas bases		
	Dureza	Concentração de cátions multimetálicos em solução		
	Cloretos	Advindos das soluções de sais		
	Nitrogênio	Está presente na composição de microrganismos e outros compostos biológicos	X	
	Fósforo	Pode apresentar-se como ortofosfato assimilado pelo metabolismo biológico	X	X
	Oxigênio dissolvido	Essencial para todos os organismos aeróbios presentes na água		X
	Matéria orgânica	Causadora de um dos principais problemas de poluição nas águas: consumo de oxigênio dissolvido	X	X
Parâmetro Biológico	Organismos Indicadores	Ex.: Coliformes e <i>Eschechiria coli</i> .		X

Fonte: Adaptado de von Sperling, 2005.

Tabela 4 - Faixas de concentrações típicas de alguns parâmetros de Esgoto Doméstico.

Parâmetro	Faixa Típica	Concentração
DQO	400-800	mg/L
DBO	200-500	mg/L
SST	200-450	mg/L
PT	4 a 15	Pmg/L
CT	$10^9$ - $10^{13}$	NMP/100mL
EC	$10^9$ - $10^{12}$	NMP/100mL
pH	6,7-8	-

Fonte: Adaptado de Metcalf & Eddy (2016).

### 3.9.1 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Um dos principais indicadores de matéria orgânica presente na água é a Demanda Química de Oxigênio. Esta análise de parâmetro visa medir a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica sendo ela biodegradável ou não, ou seja, a diferença básica entre esta e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é que a análise de DBO considera amplitude de possibilidades de reação (considerando basicamente apenas os microrganismos) menores na medição. Por ser uma análise com um tempo muito menor na obtenção de seu resultado, a DQO pode ser, muitas vezes, substituída pela DBO, pois em menos de um dia, já se tem o resultado de laboratório para DQO, diferentemente da DBO que é preciso que haja, no mínimo, 5 dias de espera para o resultado. Um dos métodos mais conhecidos de análise de laboratório é o método dicromato e sua concentração é dada, geralmente, por mg/L.

### 3.9.2 Sólidos Suspensos Totais (SST)

Dentro da composição de águas residuárias os sólidos em geral podem ser classificados em vários tipos. Os Sólidos Suspensos Totais, como a designação já sugere, é a classificação dada aos sólidos que estão suspensos na água. Este teste juntamente com o teste de DQO (ou DBO) são bastante utilizados para a avaliação do funcionamento das estações de tratamento e método mais utilizado para determinação desse parâmetro é o método gravimétrico (METCALF e EDDY, 2016).

### 3.9.3 Coliformes Totais (CT) e Escherichia Coli. (EC)

Esses dois parâmetros são os principais indicadores de contaminação fecal utilizados e von Sperling (2005, p.106-107) aborda Coliformes totais e *Eschechiria Coli* como:

“Coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que tem sido isoladas amostras de amostras de água e solos poluídos e não poluídos [...] (e de) animais de sangue quente. [...] *Eschechiria coli* é a principal bactéria do grupo de coliformes fecais sendo abundante nas fezes.” Em se tratando de esgoto doméstico tratado esses dois parâmetros também podem ser indicadores da eficiência do tratamento utilizado nas estações. Um dos métodos mais utilizados para essas duas análises é o Método do substrato cromogênico.

### 3.10 Legislação Ambiental

Uma das principais legislações que regem padrões de lançamento no território nacional brasileiro é a resolução CONAMA nº 357 de 2005 que foi complementada e alterada pela resolução CONAMA nº 430 de 2011. Porém, estreitando para as legislações estaduais, a legislação do Estado do Ceará que estabelece padrões de lançamento é a COEMA 02 de 2017, determinada e divulgada pela SEMACE (Secretária do Meio Ambiente do Estado do Ceará). No artigo 12 a resolução estabelece padrões de lançamento de efluentes sanitários com os seguintes itens:

Art. 12. Os efluentes sanitários, somente poderão ser lançados diretamente no corpo hídrico desde que obedeçam, resguardadas outras exigências cabíveis, as seguintes condições e padrões específicos:

I - pH entre 5 e 9;

II - temperatura: inferior a 40°C;

III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff;

IV - Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5 dias, 20°C: até 120 mg/L;

a) Para os casos de lagoa de estabilização, nas análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5) a amostra deverá ser filtrada em filtro de fibra de vidro e poro com Ø 0,7 a 1,0 µm;

V - substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L;

VI - ausência de materiais flutuantes;

VII - sulfeto: até 1 mg/L;

VIII - NMP de coliformes termotolerantes: até 5000 CT/100ml;

IX - sólidos suspensos totais, da seguinte forma:

a) até 150,0 mg/L para lagoas de estabilização;

b) até 100 mg/L, para as demais tecnologias.

As legislações consideradas para os cálculos da metodologia foram: resolução COEMA 02/2017 para DQO, pH, CT e SST e resolução CONAMA 430/2010 para EC.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Características e abordagem do estudo

Como esta pesquisa trata-se de um estudo de confiabilidade e cálculos de percentual de metas de atendimento utilizando dados reais, este é, portanto, uma pesquisa aplicada. Além disso pode ser classificado como estudo de caso.

### 4.2 Obtenção de Dados e detalhamento das ETE's

Para este trabalho foram utilizados dados de saída de coletas mensais de seis parâmetros de qualidade da água (DQO, SST, CT, EC, CRL e pH) de efluentes tratados na qual a amplitude das coletas foram entre os anos de 2011 a 2020, ou seja, considerando mensalmente toda a década de 2010. A evasão desses efluentes coletados são de 23 estações de tratamento de esgoto domésticos coletados pela Companhia de Água e Esgoto do Ceará localizadas na região metropolitana de Fortaleza. As estações estão divididas em:

- 19 Estações que utilizam apenas a modalidade Reator UASB;
- 3 estações que utilizam da modalidade Reator UASB + Filtro Submerso Aerado + Decantador Lamelar;
- 1 Estação com a modalidade Lodo Ativado com aeração prolongada;

Todas as estações citadas são de responsabilidade operacional da CAGECE e utilizam, ao final delas, o pós tratamento com cloro. Os dados de precipitação foram adquiridos no portal hidrológico do *website* da FUNCEME (Fundação Cearense de Meteorologia e Estatística), onde são disponibilizadas tanto as médias mensais quanto as precipitações anuais de 2011 a 2020 em Fortaleza e região metropolitana. E para explanação geral a tabela 5 classifica as 23 ETE por modalidade e esclarece se há ou não tratamento preliminar dentro do sistema da ETE.

Tabela 5 - Descrição dos tipos de unidades utilizadas em cada ETE e se há tratamento preliminar.

ETE	Descrição	Há tratamento preliminar?
Aldemir Martins	UASB+FSA+DL	Sim
Centro de Eventos	UASB+FSA+DL	Sim
Escritores	UASB+FSA+DL	Sim
Aracapé III	UASB	Sim
Castelão (Boa Vista)	UASB	Sim
Curió I e II	UASB	Sim, porém o II há apenas grade
Itaperi	UASB	Sim
José Euclides Ferreira	UASB	Sim
Lago Azul	UASB	Sim
Novo Barroso	UASB	Apenas grade
Novo Mondubim II	UASB	Apenas grade
Pajuçara	UASB	Sim
Paupina	UASB	Sim
Pôr do sol	UASB	Sim
Pq. Potira II	UASB	Apenas grade
Riacho Doce	UASB	Sim
Rosa de Luxemburgo	UASB	Sim
Rosalina	UASB	Sim
S. Miguel	UASB	Apenas grade
Sítio Santana	UASB	Sim
TCM	UASB	Sim
Zeza tijolo	UASB	Apenas grade
Itaperussu	LODOS ATIVADOS	Sim

Fonte: CAGECE.

### 4.3 Outliers

*Outlier(s)* é ou são dados, geralmente pontuais, que se diferenciam muito daqueles encontrados na maior parte da distribuição normal de um conjunto de dados. Esses dados são tratados como possíveis inconsistências ou erros que podem prejudicar uma análise final de um grupo de informações (FONSCECA, 2011.). Para que não haja prejuízos à produção científica deste trabalho foi necessário que os *outliers* dos dados de efluente fossem identificados e removidos. A partir daí utilizando um teste empregados por Monteiro (2009), Oliveira (2006) removeu-se os *outliers* estabelecendo as equações 1 e 2:

$$\text{Limite inferior} = Q_i - (1,5 \times (Q_s - Q_i)) \quad (1)$$

$$\text{Limite superior} = Q_s + (1,5 \times (Q_s - Q_i)) \quad (2)$$

Onde  $Q_s$  equivale ao quartil superior, ou terceiro quartil e o  $Q_i$  equivale a quartil inferior, ou primeiro quartil. Os cálculos de limite inferior e superior serão determinados para cada ETE, e caso haja um parâmetro em que esteja acima do limite superior ou abaixo do limite inferior serão excluídos para próximas etapas da metodologia.

#### 4.4 Comparação entre precipitação e cada parâmetro

Removidos os outliers calculou-se uma média final mensal para cada parâmetro, ou seja, são doze valores de média por mês. Após isso determinou-se a média mensal de precipitação da década de 2010 com os dados do portal hidrológico. Com esses dois dados gerou-se curvas com o auxílio do software do pacote office, EXCEL que proporcionou uma comparação entre precipitação média mensal e concentração média final do parâmetro analisado.

#### 4.5 Estatística descritiva

Removidos os outliers calculou-se, em cada modalidade de tratamento, as estatísticas básicas relativas ao número de dados, médias aritmética e geométrica, mediana, moda, valores máximos e mínimos, quartis inferior e superior e amplitude.

#### 4.6 Cálculo de Confiabilidade e Percentual de metas de atendimento

Ainda correspondendo a metodologia utilizada em Oliveira e von Sperling (2006) calculou-se a confiabilidade para estabelecer um percentual de metas de atendimento por ETE. A confiabilidade de um sistema define-se como a probabilidade de se obter um resultado apropriado em um determinado período de tempo em circunstâncias específicas. Para o caso de Estações de Tratamento o resultado apropriado neste caso é o quanto a estação consegue gerar um efluente que alcança os padrões de lançamento estabelecidos pelas legislações e normas. Em um primeiro momento utilizou-se da tabela 6 para obtenção dos níveis de confiabilidade.

Tabela 6 - Valores da variável normal padronizada para diferentes níveis de confiabilidade.

Nível de Confiabilidade (%)	Z(1- $\alpha$ )
50	0
60	0,253
80	0,842
95	1,645
99	2,323

Fonte: adaptado de Oliveira e von Sperling (2006).

Para este trabalho, foram consideradas os níveis de confiabilidade de 60% e 95% pois para comparação com trabalhos anteriores (MONTEIRO, 2009; LOBÃO, 2009; SILVEIRA, 2011; e ALVES, 2020) verifica-se que quanto maior a confiabilidade menor a capacidade da ETE de produzir um efluente próximo a legislação. Definidos estes percentuais calculou-se as metas estabelecidas pela sequência da tabela 7. Foram calculados o percentual de metas tanto para a modalidade de tratamento em geral quanto para cada ETE individualmente.

Tabela 7 - Procedimento de cálculo do CDC,  $m_x$  e percentual esperado de atendimento às metas.

Parâmetro	Concentrações efluentes esperadas para que X% dos resultados atendam à meta.	
		Média das concentrações efluentes
	Desvio padrão das concentrações efluentes	$\delta$
	Concentração do Parâmetro especificada na legislação	$X_s$
	Coefficiente de variação (CV)	$\frac{\delta}{\mu}$
	Probabilidade de falha de alcançar o padrão	$\alpha \%$
	Confiabilidade	$(1 - \alpha)\%$
	Variável normal padronizada	Tabelada $Z(1 - \alpha)$
	Coefficiente de confiabilidade (CDC)	$\sqrt{CV^2 + 1} \times e^{(-Z(1-\alpha) \times \sqrt{\ln(CV^2+1)})}$
	$m_x$	$CDC \times X_s$
Percentual esperado de atingir os limites de descarte	Probabilidade cumulativa da distribuição normal padronizada (Z)	$\frac{\ln(X_s) - [\ln(m'_x) - 0,5 \times \ln(CV^2 + 1)]}{\sqrt{\ln(CV^2 + 1)}}$
	Percentual esperado de atendimento às metas de lançamento adotadas $(1-\alpha) \%$	$DIST.NORMP(Z1 - \alpha) \times 100$

Fonte: Adaptado de Oliveira (2006).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

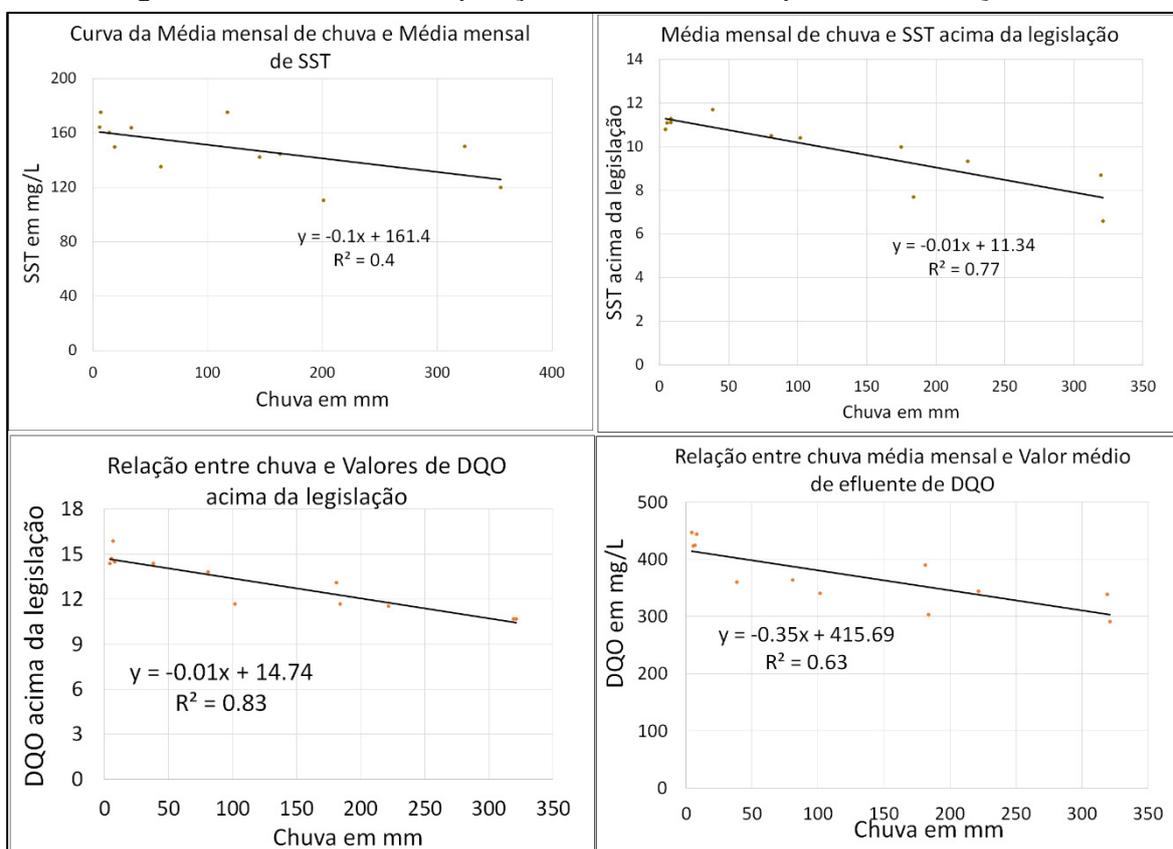
### 5.1 Comparação entre precipitação e cada parâmetro

Neste primeiro momento do trabalho foram comparadas médias semestrais dos parâmetros com a média de chuva anual de cada ano. A partir daí com o auxílio do Excel foram gerados gráficos com as devidas curvas de tendência que se encaixam na intercessão gerada. Nesta sessão foram utilizados os dados de todas as ETE's sem separação por modalidade ou por estação em si pois, neste momento análise será feita apenas para observar se uma correlação entre a precipitação anual ou mensal com o Parâmetro analisado.

#### 5.1.1 DQO e SST

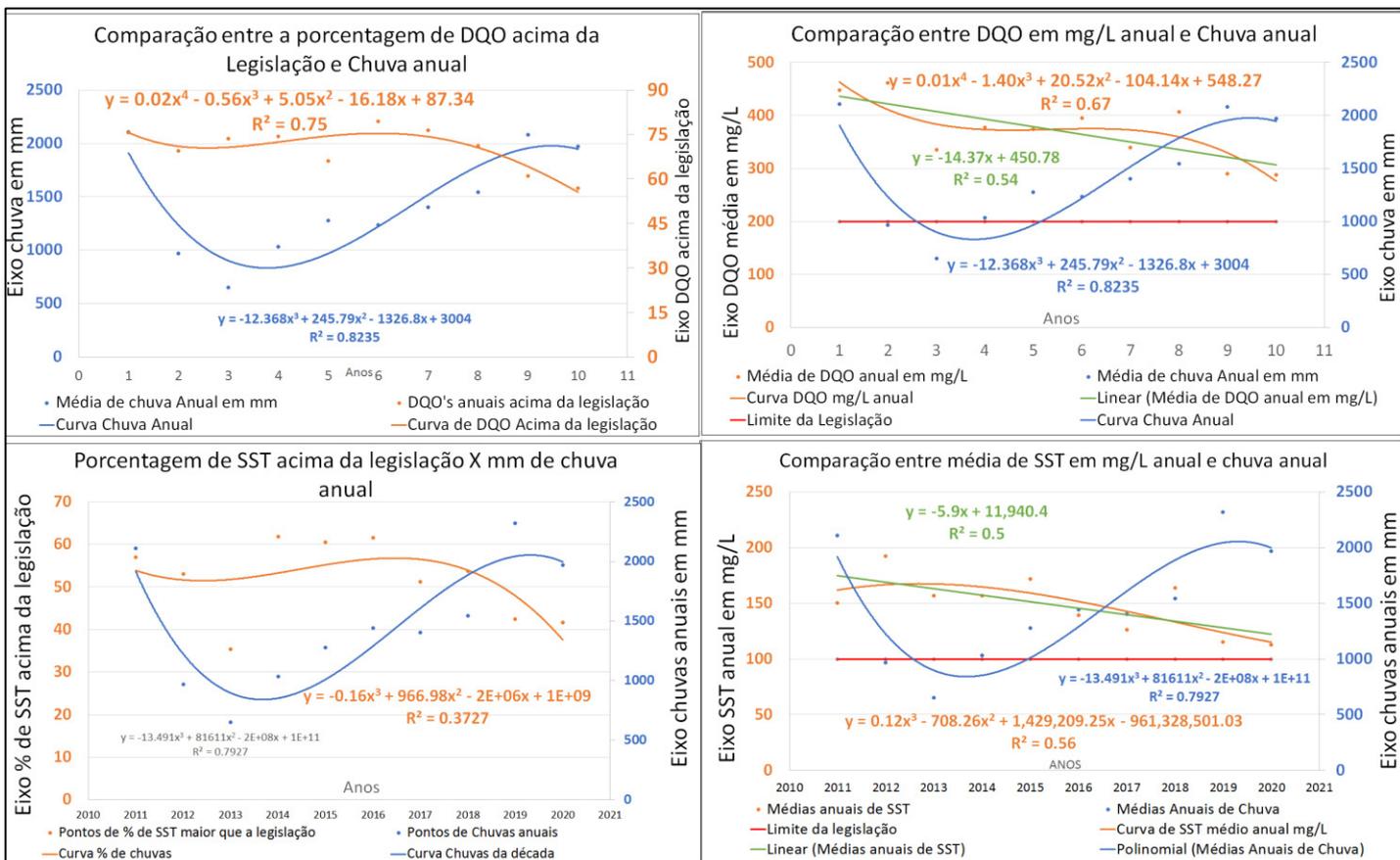
Os gráficos gerados na figura 7 se utilizam tanto da média mensal do parâmetro concentrado, medido em mg/L, como a média mensal do quanto os resultados da saída dos parâmetros em geral excederam a legislação. Observa-se pela maioria dos gráficos que há um coeficiente de determinação acima dos 0,6 com exceção do gráfico que relaciona chuva a diluição do parâmetro SST. Isso pode indicar que a precipitação pode afetar média geral do efluente nas estações, tanto com relação a sua diluição, quanto pela média geral na quantidade de análises que ultrapassam a legislação, e mesmo essa última sendo afetada pela diluição, geraram-se correlações maiores.

Figura 6 - Gráficos de comparação entre chuva e os parâmetros: DQO e SST.



Fonte: Autor (2021).

Figura 7 - Gráficos de comparação entre chuva anual e os parâmetros: DQO e SST.



Fonte: Autor (2021).

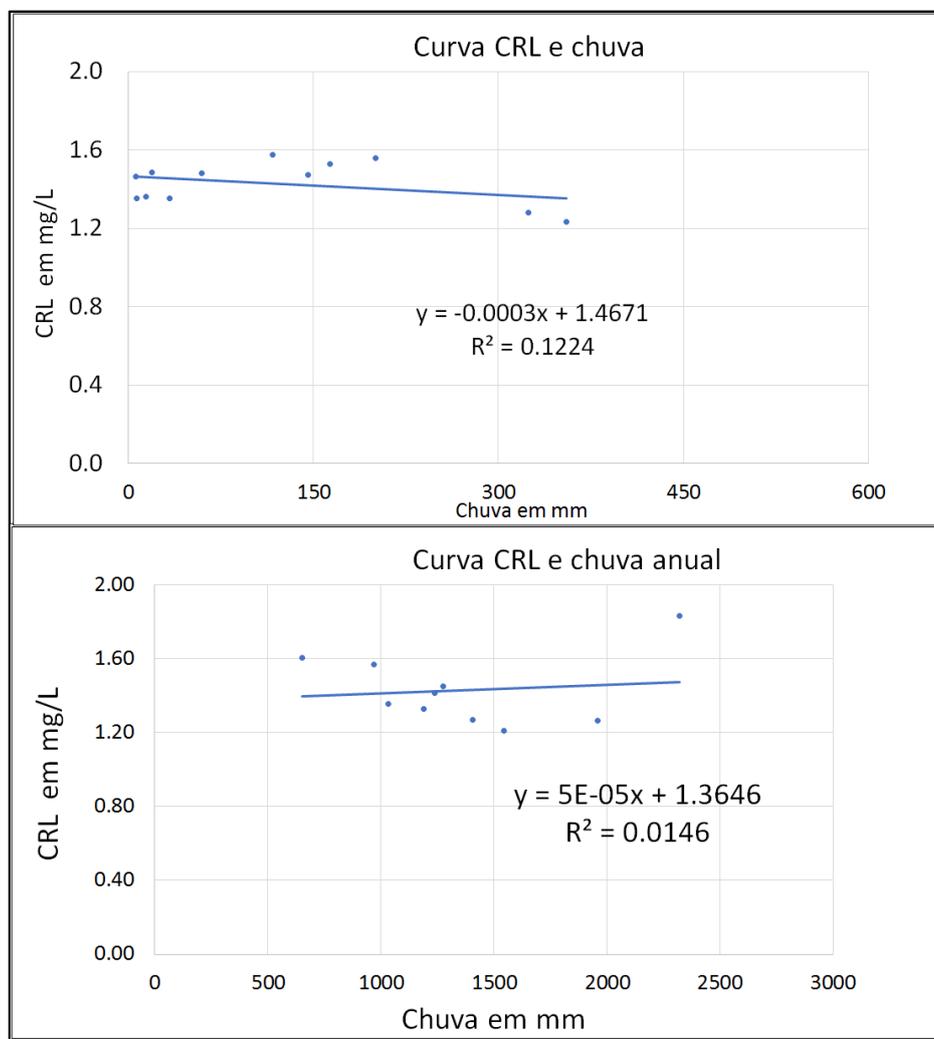
Os gráficos gerados na figura 7 relacionam a quantidade de chuva anual dos últimos 10 anos com a média anual dos parâmetros analisados, tanto com relação a porcentagem anual de análises que ultrapassaram a legislação, quanto a concentração média anual. Aparentemente, as curvas geradas das porcentagens de parâmetros acima da legislação nos casos de SST e DQO seguem as tendências de chuvas, ou seja, para anos com chuvas anuais baixas os valores desses parâmetros tendem a diminuir. Porém, outra interpretação pode ser feita: a de que na verdade os anos de poucas chuvas refletem no aumento dos parâmetros em anos posteriores a essa baixa.

Com relação aos gráficos gerados na diluição duas curvas podem ser geradas para interpretação dos gráficos: curva linear (curva em verde) e polinomial de 3ª ordem (curva em laranja). A partir das curvas lineares pode-se interpretar que ao longo dos anos, houve uma tendência queda com relação a diluição desses parâmetros, e que a sua tendência é que eles fiquem mais próximos ao que é estabelecido pela legislação. Com relação a curva polinomial é importante salientar que as duas interpretações citadas no parágrafo anterior também podem ser

analisadas neste caso, onde tanto a curva pode acompanhar os anos mais secos, quanto esses mesmos anos podem afetar o aumento da concentração dos parâmetros em anos consecutivos.

### 5.1.2 CRL

Figura 8 - Gráficos de comparação entre chuva e CRL.

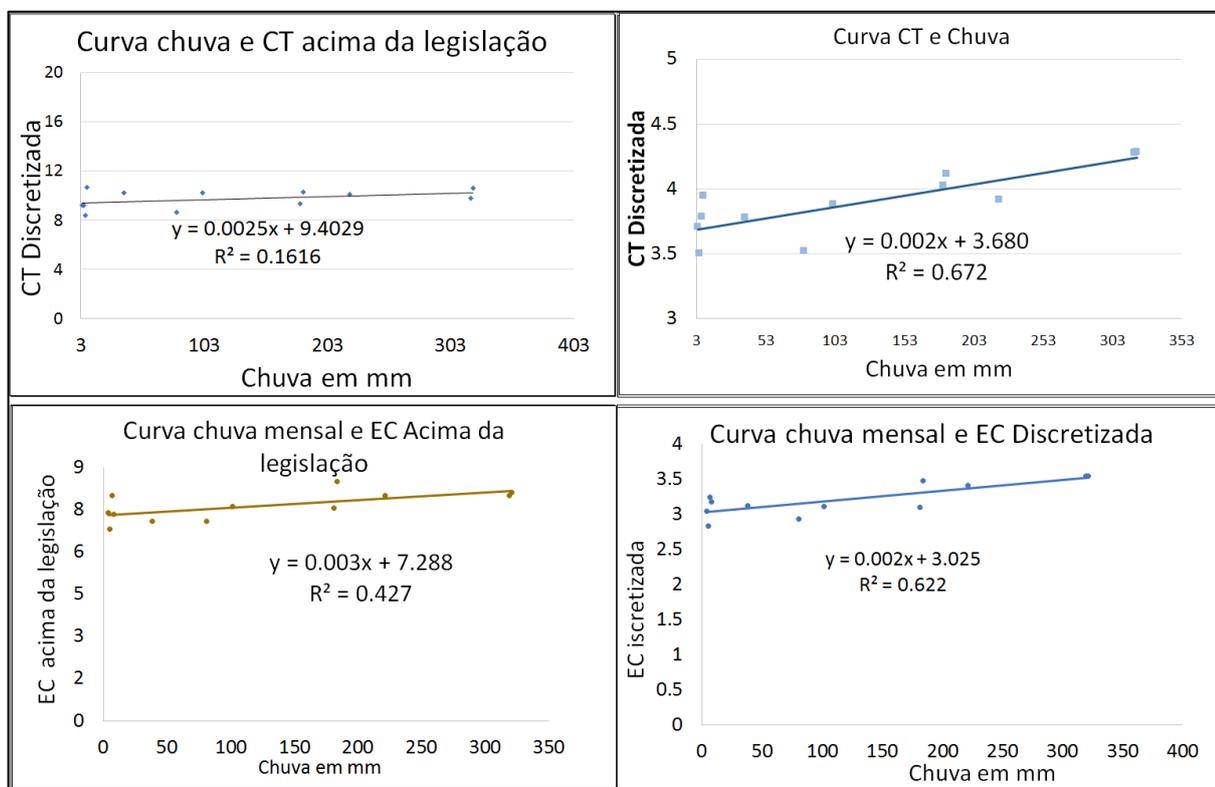


Fonte: Autor (2021)

A figura 8 nos mostra dois gráficos gerados relacionando chuva mensal ou anual com CRL. Nas duas situações, encontram-se coeficientes de determinação relativamente baixos em comparação com DQO e SST. Ainda assim, observa-se uma certa tendência na utilização maior de cloro em chuvas menos acentuadas.

### 5.1.3 CT e EC

Figura 9 - Gráficos gerados a partir da comparação chuva e parâmetros: EC e CT.

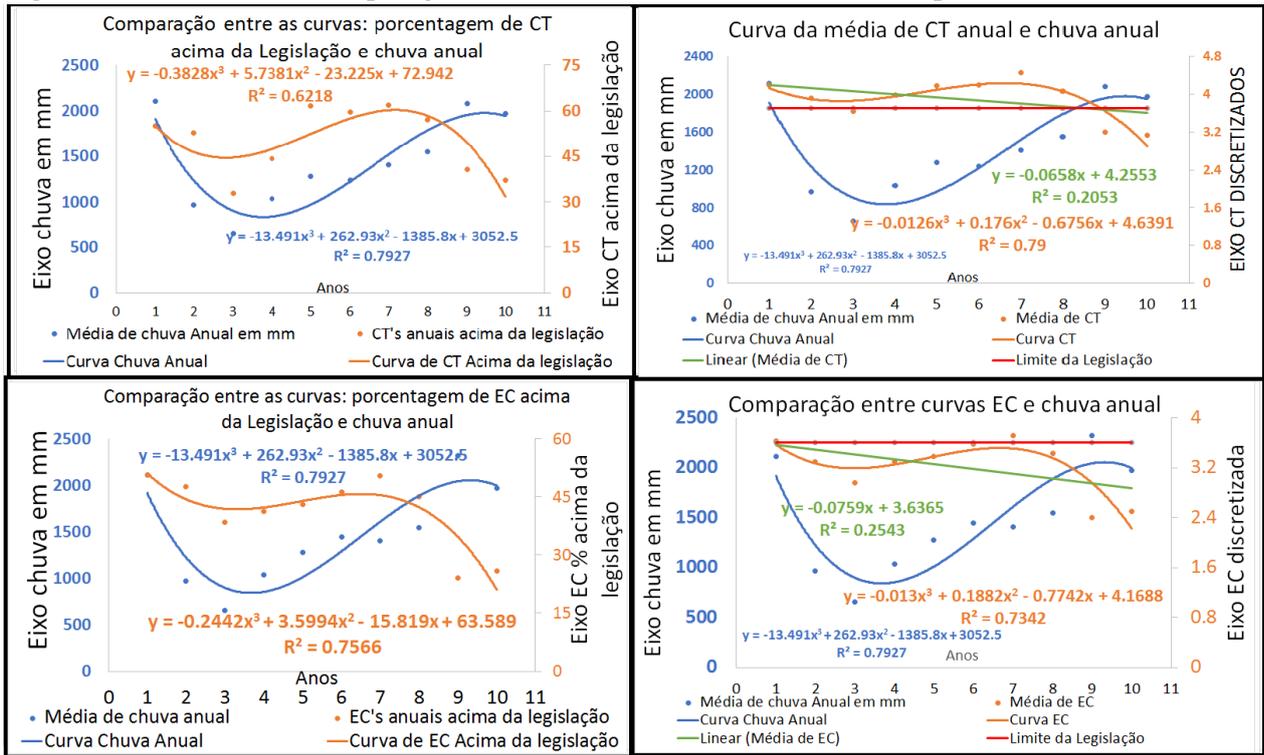


Fonte: Autor (2021).

Pela figura 9 observam-se coeficientes correlação um pouco menores daquelas encontradas em DQO e SST principalmente com relação a média acima da legislação. Não obstante, as tendências iniciais mostram que quanto maior a chuva maior a possibilidade de se encontrar concentrações maiores de CT e EC.

A figura 10 nos mostra uma comparação entre os parâmetros e as chuvas anuais. Como pode-se notar tanto a curva de porcentagem de EC quanto CT acima da legislação acompanham as tendências de chuva, isto é, em épocas da década onde foram registradas as chuvas mais baixas da década a predisposição era de diminuição nos quantos esses parâmetros excediam a legislação. Os outros gráficos, também corroboram o que foi comentado anteriormente. A curva de tendência gerada em verde do tipo linear, apesar de ter um coeficiente de determinação menor do que daquelas produzidas pela DQO e SST sugerem uma diminuição continua na remoção de CT e EC ao longo de toda a década.

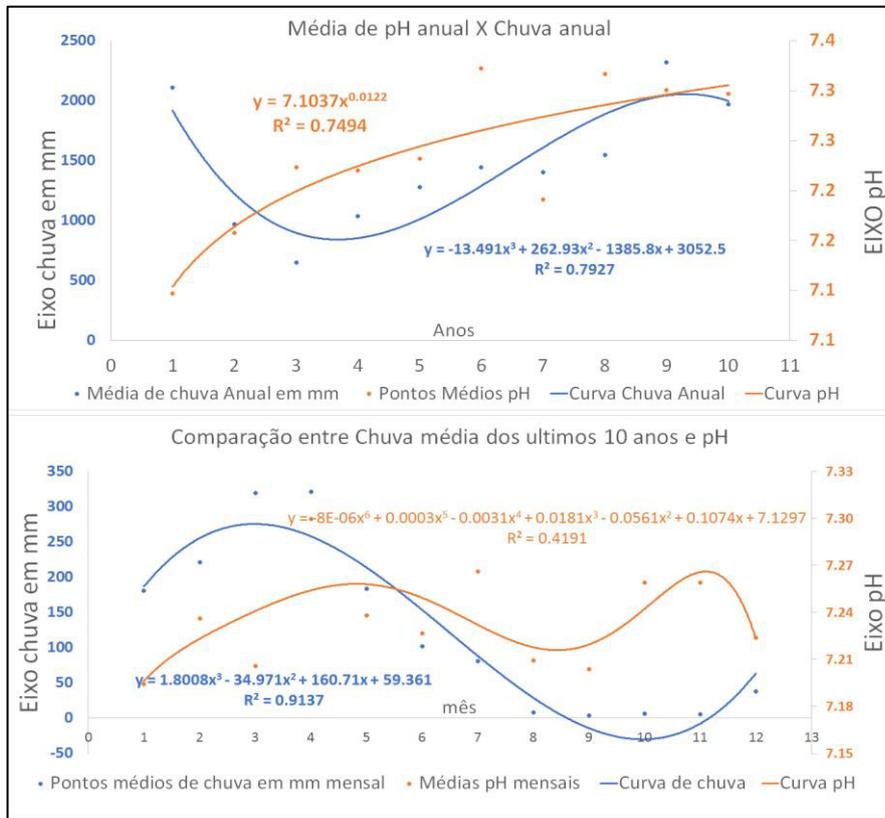
Figura 10 - Gráficos de comparação entre as curvas de chuva anual e os parâmetros: CT e EC.



Fonte: Autor (2021).

### 5.1.4 pH

Figura 11 - Comparação entre as curvas de pH e chuvas anuais e mensais.



Fonte: Autor (2021)

A figura 11 foram geradas duas curvas de tendência para pH. A primeira é com relação aos anos da década de 2010, onde, nesse caso, observa-se um relativo aumento ao longo dos anos sugerindo que o efluente se tornou levemente mais básico. Com relação ao comportamento mensal com a curva gerada percebe-se que o pH se comporta de forma levemente mais básica ao longo da quadra chuvosa, porém essa tendência é irregular no segundo semestre, sugerindo que não há um desempenho padrão. Além disso, a curva polinomial máxima de 6ª ordem produzida com o coeficiente de determinação de no máximo de 0,419 gera ainda mais incerteza com relação a uma tendência mais confiável.

## 5.2 Estatística Descritiva das concentrações dos parâmetros

Primeiramente, para esta etapa, foram contabilizadas mais de 11785 análises após a remoção dos outliers, e particularizando por parâmetro temos: 1866 para Coliformes Totais, 1841 para *Eschechiria Coli* 2178 para pH, 1857 para Cloro Residual Livre, 2063 para Demanda Química de Oxigênio e 1980 Sólidos Suspensos Totais. Após essa contagem, produziu-se as tabelas 8, 9 e 10 com as informações semestrais. Os indícios dos resultados do comportamento não-linear das ETE's vistos na secção 5.1 conduziram os próximos passos deste trabalho a fazer uma avaliação semestral das estações.

Tabela 8 - Estatística descritiva UASB.

Parâmetro Estatístico	UASB										pH
	DQO (mg/L)		SST(mg/L)		CRL(mg/L)		CT (NMP/100mL)		EC (NMP/100mL)		
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Média	311.32	380	117.27	134.1	1.39	1.4	2.88E+0 6	2.49E+0 6	1.40E+0 6	1.17E+0 6	7.23
Média Geométrica	252.69	305.03	85.79	101.11	1.2	1.3	4.08E+0 3	1.41E+0 3	8.46E+0 2	3.49E+0 2	7.22
Mediana	272.97	319.37	96	116	1.5	1.5	3.60E+0 3	2.00E+0 3	3.70E+0 2	1.30E+0 2	7.21
Moda	111.45	224.36	68	120	1.39	0	2.40E+0 5	1.00E+0 0	1.00E+0 0	1.00E+0 0	7.1
Máximo	1845	6112	3128	845	3	3	5.70E+0 7	2.41E+0 6	2.40E+0 7	3.30E+0 7	12.3 4
Mínimo	7.6	10	1.5	2	0	0	1.00E+0 0	1.00E+0 0	1.00E+0 0	1.00E+0 0	5.86
Quartil Superior	397.94	450.23	146	168.75	2.5	2.43	2.40E+0 5	1.58E+0 5	8.30E+0 4	1.30E+0 4	7.4
Quartil Inferior	157.24	197.32	55	64	0	0	5.43E+0 1	1.00E+0 1	1.00E+0 1	1.00E+0 0	7.04
Amplitude	1837.4	6102	3126.5	843	3	3	5.70E+0 7	2.41E+0 6	2.40E+0 7	3.30E+0 7	6.48

Fonte: Autor (2021).

Tabela 9 - Estatística descritiva UASB+FSA+DL.

Parâmetro Estatístico	UASB + FSA + DL										pH
	DQO (mg/L)		SST(mg/L)		CRL(mg/L)		CT (NMP/100mL)		EC (NMP/100mL)		
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Média	308.34	200.43	55.92	56.82	1.12	1.15	3.28E+06	2.64E+06	8.72E+05	6.14E+05	7.28
Média Geométrica	227.78	159.08	31.07	32.74	1.07	1.08	5.21E+03	4.61E+03	5.75E+02	9.49E+02	7.27
Mediana	250.28	143.31	26	33.15	1	1	3.10E+03	6.90E+03	1.30E+02	3.45E+02	7.3
Moda	109.06	91.99	12	14	1.12	0	1.00E+00	2.40E+05	1.00E+00	1.00E+00	7.4
Máximo	1081.7	835.6	358	405	3	3	4.73E+06	2.40E+07	2.40E+07	3.30E+07	8.9
Mínimo	7.6	10	1.5	2	0	0	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	6.39
Quartil Superior	373.77	401.38	132	155.5	2	2	3.15E+05	2.40E+05	2.40E+05	2.00E+05	7.44
Quartil Inferor	109.25	112.2	19.5	20.5	0	0	9.70E+01	1.10E+01	1.00E+01	1.00E+01	7.1
Amplitude	1074.1	825.6	356.5	403	3	3	4.73E+06	2.40E+07	2.40E+07	3.30E+07	2.51

Fonte: Autor (2021)

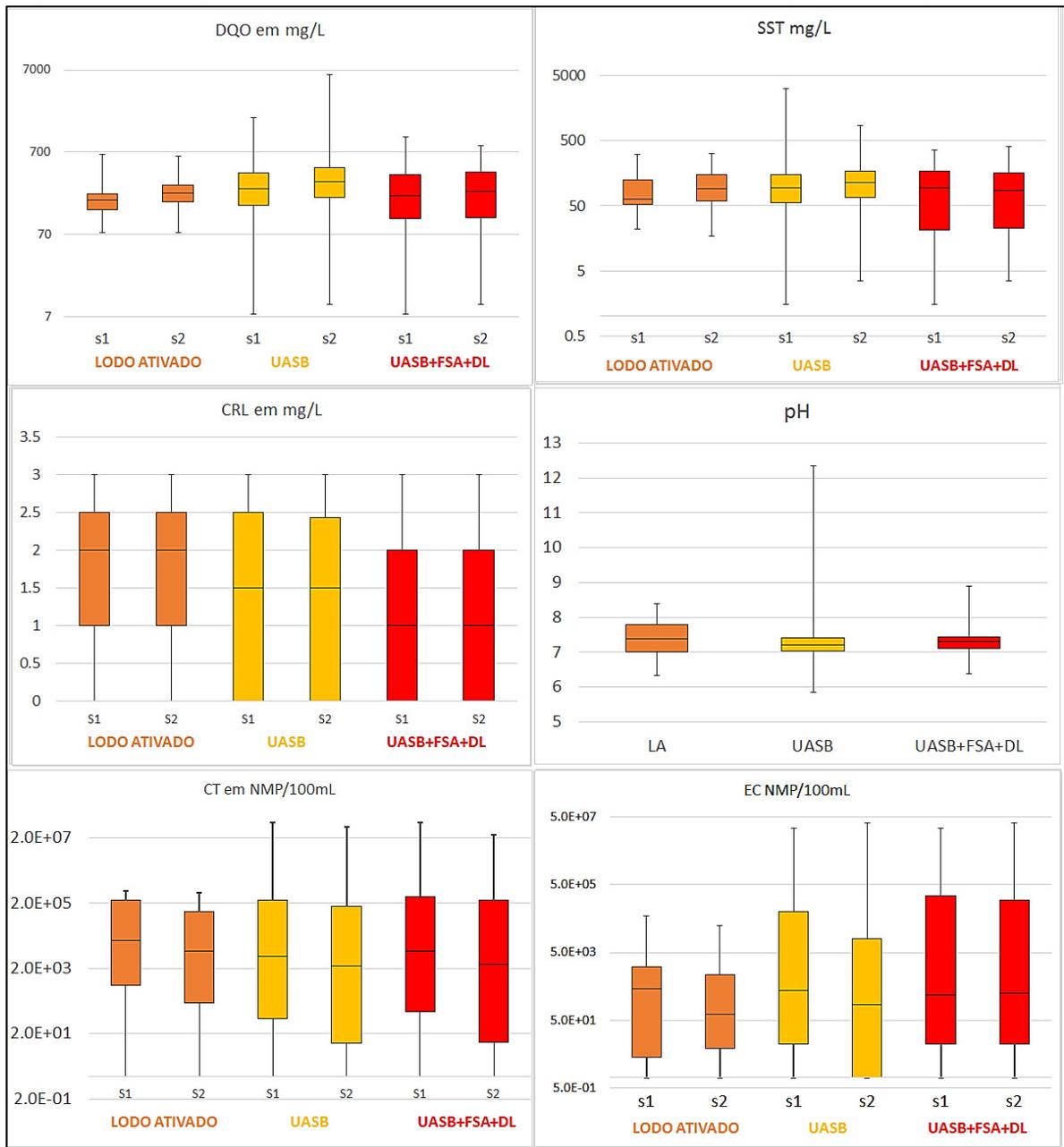
Tabela 10 - Estatística descritiva Lodo Ativado.

Parâmetro Estatístico	Lodo Ativado										pH
	DQO (mg/L)		SST(mg/L)		CRL(mg/L)		CT (NMP/100mL)		EC (NMP/100mL)		
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	
Média	203.01	237.28	104.74	112.47	1.73	1.88	8.50E+04	7.15E+04	4.47E+03	2.97E+03	7.39
Média Geométrica	182.95	220.06	80.93	92.09	1.6	1.68	4.92E+03	2.84E+03	1.56E+02	9.48E+01	7.37
Mediana	185.09	223.52	70	93	2	2	1.40E+04	6.95E+03	4.10E+02	7.70E+01	7.39
Moda	262.36	167.18	200	105	2	2.5	2.40E+05	2.40E+05	1.00E+00	1.00E+00	7.1
Máximo	659.5	633.68	308	315	3	3	2.40E+05	4.10E+05	6.10E+04	3.10E+04	8.39
Mínimo	75.2	74.9	15	17	0	0	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	1.00E+00	6.34
Quartil Superior	218.9	279.1	135.5	152.75	2.5	2.5	2.40E+05	1.07E+05	1.90E+03	1.10E+03	7.79
Quartil Inferor	139.8	175.26	51.5	58.25	1	1	6.13E+02	1.78E+02	4.10E+00	7.20E+00	7.02
Amplitude	584.3	558.78	293	298	3	3	2.40E+05	4.10E+05	6.10E+04	3.10E+04	2.05

Fonte: Autor (2021)

Como pode-se observar, as tendências dos gráficos da sessão 5.1 se confirmam pelos números produzidos pela análise estatística. Há uma tendência de se encontrar valores menores de DQO, SST e CRL no primeiro semestre do ano ao contrário dos parâmetros CT e EC em que se encontram valores menores no segundo semestre do ano. A figura 12 nos apresenta os box-plots gerados com os dados de primeiro e terceiro quartil, além da mediana por modalidade de tratamento.

Figura 10 - Box-plot da estatística descritiva da concentração dos 6 parâmetros por semestre.



Fonte: Autor (2021)

Com exceção do boxplot relacionado a pH o restante dos outros gráficos foram divididos sem S1 (Primeiro Semestre) e S2 (Segundo Semestre). Como pode-se observar

novamente as tendências se confirmam onde os maiores valores de DQO e SST concentram-se no segundo semestre do ano ao contrário do acontece com CT e EC.

### 5.3 Confiabilidade e Percentual de Metas de atendimento por ETE e Sazonalidade

A tabela 11 é uma configuração geral dos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de DQO por estação de tratamento em cada semestre do ano (S1 como primeiro semestre, S2 como segundo semestre).

Tabela 11 - Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro DQO.

ETE	Média S1	Média S2	Desvio Padrão S1	Desvio Padrão S2	Coeficiente de Variação S1	Coeficiente de Variação S2
Aldemir Martins	173.5	211.4	69.2	129.0	40%	61.0%
Aracapé III	274.3	248.3	174.0	64.9	63%	26.1%
Castelão (Boa Vista)	51.4	67.6	19.9	31.5	39%	46.6%
Centro de Eventos	115.4	117.4	65.8	44.0	57%	37.5%
Curió I e II	470.0	554.2	161.5	132.8	34%	24.0%
Escritores	422.1	372.8	224.9	143.3	53%	38.4%
Itaperi	684.5	1020.2	327.3	753.3	48%	73.8%
Itaperussu	203.0	237.3	111.3	97.9	55%	41.2%
José Euclides Ferreira	151.5	219.8	50.8	91.3	34%	41.5%
Lago Azul	263.0	367.4	96.1	105.4	37%	28.7%
Novo Barroso	331.7	403.2	186.1	169.2	56%	42.0%
Novo Mondubim II	365.5	327.2	178.2	137.1	49%	41.9%
Pajuçara	122.0	203.3	72.5	123.5	59%	60.8%
Paupina	331.2	309.2	100.6	61.1	30%	19.8%
Pôr do sol	423.1	614.6	132.4	780.1	31%	126.9%
Pq. Potira II	329.5	483.6	152.5	138.8	46%	28.7%
Riacho Doce	255.4	353.1	134.6	123.0	53%	34.8%
Rosa de Luxemburgo	194.8	193.9	69.7	53.0	36%	27.3%
Rosalina	396.9	473.1	149.8	143.6	38%	30.3%
S. Miguel	210.7	264.0	89.8	105.4	43%	39.9%
Sítio Santana	234.8	283.4	118.7	123.2	51%	43.5%
TCM	145.2	147.4	54.7	65.3	38%	44.3%
Zeza tijolo	332.9	377.4	142.9	111.1	43%	153.6%

Fonte: Autor (2021).

Para os cálculos da tabela 12 foi utilizada uma confiabilidade de 60% (para um  $Z(1-\alpha) = 0,253$ ) e a partir daí comparou-se o cdc, mx e metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 12 – Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para DQO.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
Aldemir Martins	0.98	1.02	195.38	203.21	62.42%	47.46%
Aracapé III	1.02	0.97	204.44	193.70	34.40%	19.99%
Castelão (Boa Vista)	0.98	0.99	195.13	197.23	100.00%	100.00%
Centro de Eventos	1.01	0.97	201.32	194.86	90.41%	96.09%
Curió I e II	0.97	0.97	194.34	193.73	4.40%	0.33%
Escritores	1.00	0.98	199.70	195.06	16.14%	10.75%
Itaperi	0.99	1.05	197.64	210.40	6.85%	14.12%
Itaperussu	1.00	0.98	200.34	195.70	49.04%	33.55%
José Euclides Ferreira	0.97	0.98	194.22	195.78	79.97%	39.63%
Lago Azul	0.97	0.97	194.69	193.78	23.85%	4.97%
Novo Barroso	1.00	0.98	200.89	195.88	24.10%	11.03%
Novo Mondubim II	0.99	0.98	197.97	195.87	17.36%	16.92%
Pajuçara	1.01	1.02	202.42	203.08	86.62%	49.92%
Paupina	0.97	0.97	193.89	194.02	8.61%	2.98%
Pôr do sol	0.97	1.26	193.97	252.24	4.17%	32.11%
Pq. Potira II	0.99	0.97	197.14	193.78	19.27%	1.84%
Riacho Doce	1.00	0.97	199.46	194.41	33.90%	9.85%
Rosa de Luxemburgo	0.97	0.97	194.56	193.72	49.84%	49.84%
Rosalina	0.97	0.97	194.92	193.89	8.88%	2.59%
S. Miguel	0.98	0.98	196.06	195.38	43.50%	25.75%
Sítio Santana	0.99	0.98	198.63	196.29	38.04%	23.98%
TCM	0.97	0.98	194.91	196.53	81.83%	77.43%
Zeza tijolo	0.98	1.39	196.14	277.48	16.92%	18.42%

Fonte: Autor (2021).

Com exceção das ETE's: Centro de Eventos, Itaperi, Pôr do Sol, e Zeza tijolo, observa-se que em todas as estações há uma facilidade em se conseguir alcançar as metas atendimento no primeiro semestre. Para os cálculos da tabela 13 foi utilizada uma confiabilidade de 95% (para um  $Z(1-\alpha) = 1,645$ ) e a partir daí comparou-se o CDC, mx e metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 13 -Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de

atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para DQO.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
Aldemir Martins	0.57	0.46	114.44	92.86	19.7%	17.9%
Aracapé III	0.45	0.68	91.00	135.47	14.6%	4.1%
Castelão (Boa Vista)	0.58	0.53	115.88	106.46	99.9%	89.2%
Centro de Eventos	0.48	0.59	96.16	117.68	38.5%	50.2%
Curió I e II	0.61	0.69	122.05	139.42	1.6%	0.1%
Escritores	0.50	0.58	99.57	116.34	7.6%	3.7%
Itaperi	0.53	0.42	105.09	83.99	3.8%	10.7%
Itaperussu	0.49	0.56	98.13	112.72	17.3%	10.2%
José Euclides Ferreira	0.62	0.56	123.29	112.34	28.9%	12.0%
Lago Azul	0.59	0.65	118.95	131.01	6.7%	1.2%
Novo Barroso	0.48	0.56	97.00	111.82	10.4%	4.3%
Novo Mondubim II	0.52	0.56	104.09	111.88	7.1%	5.8%
Pajuçara	0.47	0.47	94.17	93.07	35.0%	18.6%
Paupina	0.64	0.74	128.22	147.72	2.2%	0.4%
Pôr do sol	0.63	0.32	126.76	64.48	1.3%	24.0%
Pq. Potira II	0.53	0.65	106.77	130.99	7.2%	0.6%
Riacho Doce	0.50	0.60	100.12	121.37	12.4%	3.0%
Rosa de Luxemburgo	0.60	0.67	120.03	133.36	14.2%	12.6%
Rosalina	0.59	0.64	117.28	128.28	3.1%	0.8%
S. Miguel	0.56	0.57	111.02	114.39	13.3%	7.8%
Sítio Santana	0.51	0.55	102.22	109.10	13.2%	8.0%
TCM	0.59	0.55	117.32	109.02	30.6%	27.8%
Zeza tijolo	0.55	0.30	110.66	59.94	6.0%	0.2%

Fonte: Autor (2021)

Com exceção das ETE's: Centro de Eventos, Itaperi e Pôr do Sol, observa-se que em todas as estações há uma facilidade em se conseguir alcançar as metas atendimento no primeiro semestre. A Estação Zeza Tijolo, ao contrário do que foi calculado no nível de

confiabilidade de 60%, ela responde forma diferente no nível de confiabilidade de 95%, pois como pode-se observar o as metas de lançamento no primeiro semestre são mais acessíveis de se cumprirem. A tabela 14 é uma configuração geral dos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de SST por estação de tratamento.

Tabela 14 - Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro SST.

ETE	Média S1	Média S2	Desvio Padrão S1	Desvio Padrão S2	Coeficiente de Variação S1	Coeficiente de Variação S2
Aldemir Martins	65.88	61.75	46.87	53.65	71.1%	86.9%
Aracapé III	108.68	113.56	56.29	49.39	51.8%	43.5%
Castelão (Boa Vista)	10.94	14.87	9.64	10.72	88.1%	72.1%
Centro de Eventos	15.15	18.59	9.79	14.40	64.6%	77.5%
Curió I e II	160.24	202.67	71.10	85.70	44.4%	42.3%
Escritores	116.31	121.62	57.94	63.10	49.8%	51.9%
Itaperi	274.30	321.50	424.71	197.17	154.8%	61.3%
Itaperussu	104.74	112.47	78.24	70.52	74.7%	62.7%
José Euclides Ferreira	49.72	78.76	34.09	44.27	68.6%	56.2%
Lago Azul	91.99	106.96	34.16	30.77	37.1%	28.8%
Novo Barroso	129.93	129.89	78.27	59.94	60.2%	46.1%
Novo Mondubim II	115.73	120.53	58.67	60.93	50.7%	50.6%
Pajuçara	54.27	59.47	38.97	41.73	71.8%	70.2%
Paupina	114.75	132.92	63.33	49.39	55.2%	37.2%
Pôr do sol	144.01	200.03	71.70	124.32	49.8%	62.2%
Pq. Potira II	154.12	161.18	93.24	58.55	60.5%	36.3%
Riacho Doce	119.01	144.80	54.59	47.86	45.9%	33.1%
Rosa de Luxemburgo	56.17	70.76	30.97	35.91	55.1%	50.8%
Rosalina	152.28	167.13	80.04	71.66	52.6%	42.9%
S. Miguel	100.58	144.84	55.62	73.11	55.3%	50.5%
Sítio Santana	92.53	105.81	46.49	51.28	50.2%	48.5%
TCM	71.33	62.89	64.68	72.54	90.7%	115.3%
Zeza tijolo	120.69	127.65	77.31	64.19	64.05%	50.3%

Fonte: Autor (2021).

Para os cálculos da tabela 15 foi utilizada uma confiabilidade de 60% (para um  $Z(1-\alpha) = 0,253$ ) e a partir daí comparou-se o CDC, mx e percentual de atendimento metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 15 - Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de

atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para SST.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
<b>Aldemir Martins</b>	<b>1.04</b>	<b>1.10</b>	<b>104.4</b>	<b>109.58</b>	<b>79.4%</b>	<b>81.37%</b>
Aracapé III	1.00	0.98	99.5	98.15	43.6%	37.8%
Castelão (Boa Vista)	1.10	1.05	110.0	104.67	100.0%	100.0%
Centro de Eventos	1.03	1.06	102.5	106.35	100.0%	100.0%
Curió I e II	0.98	0.98	98.3	97.98	19.2%	11.1%
Escritores	0.99	1.00	99.2	99.57	38.4%	36.3%
Itaperi	1.39	1.02	139.3	101.68	37.5%	13.2%
Itaperussu	1.05	1.02	105.5	102.03	50.4%	44.1%
José Euclides Ferreira	1.04	1.00	103.6	100.47	94.3%	68.8%
Lago Azul	0.97	0.97	97.4	96.89	56.3%	37.2%
Novo Barroso	1.01	0.99	101.4	98.55	35.8%	30.0%
Novo Mondubim II	0.99	0.99	99.3	99.31	39.0%	36.4%
Pajuçara	1.05	1.04	104.6	104.09	90.2%	85.7%
Paupina	1.00	0.97	100.3	97.40	40.9%	23.6%
Pôr do sol	0.99	1.02	99.2	101.89	26.6%	21.5%
Pq. Potira II	1.01	0.97	101.5	97.33	28.6%	13.8%
Riacho Doce	0.99	0.97	98.5	97.08	35.4%	15.9%
Rosa de Luxemburgo	1.00	0.99	100.2	99.35	92.3%	78.7%
Rosalina	1.00	0.98	99.7	98.06	25.6%	16.8%
S. Miguel	1.00	0.99	100.3	99.30	49.8%	26.7%
Sítio Santana	0.99	0.99	99.3	98.93	55.8%	44.7%
<b>TCM</b>	<b>1.11</b>	<b>1.21</b>	<b>111.0</b>	<b>120.97</b>	<b>73.0%</b>	<b>78.8%</b>
Zeza tijolo	1.02	0.99	102.4	99.26	40.6%	32.9%

Fonte: Autor (2021).

Para a tabela 15, observou-se novamente que com exceção das estações TCM e Aldemir Martins, em geral, há uma predisposição a se atingir metas mais altas no primeiro semestre. Para os cálculos da tabela 16 foi utilizada uma confiabilidade de 95% de SST (para um  $Z(1-\alpha) = 1,645$ ) e a partir daí comparou-se o CDC, mx e percentual de atendimento metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 16 - Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para SST.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
<b>Aldemir Martins</b>	<b>0.43</b>	<b>0.39</b>	<b>42.83</b>	<b>38.58</b>	<b>31.14%</b>	<b>33.29%</b>
Aracapé III	0.51	0.55	50.51	54.99	15.07%	11.78%
Castelão (Boa Vista)	0.38	0.43	38.31	42.53	99.77%	99.51%
Centro de Eventos	0.45	0.41	45.05	40.95	99.89%	93.98%
Curió I e II	0.54	0.56	54.47	55.71	6.84%	4.32%
Escritores	0.51	0.50	51.50	50.46	13.16%	12.97%
Itaperi	0.30	0.46	29.89	46.31	28.25%	8.14%
Itaperussu	0.42	0.46	41.74	45.77	21.04%	17.21%
José Euclides Ferreira	0.44	0.48	43.67	48.45	42.96%	24.68%
Lago Azul	0.59	0.65	59.06	65.44	16.75%	8.86%
Novo Barroso	0.47	0.53	46.74	53.46	14.39%	10.11%
Novo Mondubim II	0.51	0.51	51.05	51.12	13.51%	12.73%
Pajuçara	0.43	0.43	42.62	43.14	38.25%	34.78%
Paupina	0.49	0.59	48.90	59.04	14.93%	6.73%
<b>Pôr do sol</b>	<b>0.52</b>	<b>0.46</b>	<b>51.51</b>	<b>45.99</b>	<b>9.85%</b>	<b>10.77%</b>
Pq. Potira II	0.47	0.60	46.64	59.62	12.45%	4.14%
Riacho Doce	0.54	0.62	53.61	62.01	11.55%	4.18%
Rosa de Luxemburgo	0.49	0.51	48.93	51.02	40.76%	29.13%
Rosalina	0.50	0.55	50.13	55.36	10.09%	5.94%
S. Miguel	0.49	0.51	48.86	51.16	17.62%	10.00%
Sítio Santana	0.51	0.52	51.28	52.20	18.75%	14.79%
<b>TCM</b>	<b>0.38</b>	<b>0.34</b>	<b>37.75</b>	<b>33.62</b>	<b>30.18%</b>	<b>34.33%</b>
Zeza tijolo	0.45	0.51	45.26	51.26	16.46%	11.70%

Fonte: Autor (2021).

Mais uma vez a tendência confirma-se pois, observou-se a mesma convergência da tabela 16 e 15 com relação as ETE's Aldemir Martins e TCM onde, ao contrário do que acontece nas outras estações de tratamento, apenas no segundo semestre que há maior do valor de percentual metas de atendimento.

A tabela 17 abaixo é uma configuração geral dos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de CT por estação de tratamento em cada semestre.

Tabela 17 - Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro CT.

ETE	Média S1	Média S2	Desvio Padrão S1	Desvio Padrão S2	Coeficiente de Variação S1	Coeficiente de Variação S2
Aldemir Martins	3.68E+04	4.28E+04	7.84E+04	8.51E+04	212.97%	199.1%
Aracapé III	1.44E+04	8.58E+02	5.30E+04	1.95E+03	367.34%	227.4%
Castelão (Boa Vista)	7.98E+04	7.14E+04	1.05E+05	9.61E+04	131.86%	134.6%
Centro de Eventos	1.32E+05	2.88E+05	3.12E+05	5.91E+05	236.92%	205.5%
Curió I e II	1.45E+07	9.54E+06	1.31E+07	1.16E+07	90.86%	121.5%
Escritores	1.07E+07	8.15E+06	9.50E+06	8.23E+06	88.79%	100.9%
Itaperi	6.05E+04	1.11E+04	9.82E+04	2.55E+04	162.36%	230.4%
Itaperussu	8.50E+04	7.15E+04	1.04E+05	1.06E+05	122.71%	147.9%
José Euclides Ferreira	1.71E+02	5.58E+02	1.90E+02	8.55E+02	111.21%	153.2%
Lago Azul	5.90E+04	3.94E+04	1.02E+05	8.17E+04	172.60%	207.2%
Novo Barroso	7.97E+04	8.87E+04	1.16E+05	1.27E+05	144.93%	143.3%
Novo Mondubim II	3.56E+02	2.31E+02	7.27E+02	6.51E+02	204.02%	282.5%
Pajuçara	6.66E+06	1.02E+07	8.80E+06	1.05E+07	132.20%	102.1%
Paupina	1.00E+05	5.82E+04	1.10E+05	9.94E+04	110.09%	170.9%
Pôr do sol	8.93E+04	3.33E+04	1.09E+05	7.18E+04	122.52%	215.3%
Pq. Potira II	1.55E+04	4.86E+03	3.74E+04	8.89E+03	241.73%	182.9%
Riacho Doce	1.27E+05	1.07E+05	1.08E+05	1.07E+05	85.66%	100.6%
Rosa de Luxemburgo	2.59E+03	1.34E+02	6.66E+03	3.91E+02	256.81%	292.2%
Rosalina	1.65E+07	1.55E+07	1.12E+07	1.24E+07	67.75%	79.6%
S. Miguel	1.57E+04	4.53E+03	3.40E+04	8.40E+03	217.01%	185.6%
Sítio Santana	5.46E+04	2.15E+03	9.27E+04	5.12E+03	169.71%	237.7%
TCM	2.53E+05	2.48E+04	3.42E+05	5.73E+04	135.49%	231.3%
Zeza tijolo	7.96E+06	4.37E+06	1.20E+07	8.56E+06	150.63%	195.7%

Fonte: Autor (2021).

Para os cálculos da tabela 18 foi utilizada uma confiabilidade de 60% (para um  $Z(1-\alpha) = 0.253$ ) e a partir daí comparou-se o CDC, mx e percentual de atendimento metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 18 - Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para CT.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
Aldemir Martins	1.69	1.62	8449.18	8087.17	35.87%	34.19%
Aracapé III	2.52	1.77	12586.23	8828.30	48.61%	100.00%
Castelão (Boa Vista)	1.28	1.30	6418.92	6482.01	24.28%	24.96%
Centro de Eventos	1.82	1.65	9081.39	8254.79	34.72%	31.83%
Curió I e II	1.11	1.24	5551.64	6183.17	13.56%	20.54%
Escritores	1.10	1.15	5513.44	5746.90	13.01%	16.11%
Itaperi	1.43	1.78	7152.20	8909.53	29.35%	46.65%
Itaperussu	1.24	1.36	6210.52	6797.28	22.50%	27.03%
José Euclides Ferreira	1.19	1.39	5959.39	6926.14	100.00%	100.00%
Lago Azul	1.48	1.66	7408.51	8297.21	30.62%	35.16%
Novo Barroso	1.35	1.34	6726.73	6687.38	26.38%	25.94%
Novo Mondubim II	1.64	2.06	8215.46	10298.69	100.00%	100.00%
Pajuçara	1.29	1.15	6426.79	5769.74	22.49%	16.38%
Paupina	1.19	1.47	5935.61	7365.48	19.64%	30.46%
Pôr do sol	1.24	1.70	6206.22	8511.24	22.38%	36.47%
Pq. Potira II	1.84	1.53	9209.37	7669.65	43.35%	62.40%
Riacho Doce	1.09	1.15	5457.10	5739.55	13.20%	17.34%
Rosa de Luxemburgo	1.92	2.11	9611.24	10560.26	85.41%	100.00%
Rosalina	1.03	1.07	5169.76	5353.48	7.00%	10.47%
S. Miguel	1.71	1.55	8555.29	7738.89	41.72%	64.88%
Sítio Santana	1.47	1.82	7335.78	9103.17	30.50%	91.27%
TCM	1.30	1.79	6503.28	8932.31	23.61%	39.11%
Zeza tijolo	1.37	1.60	6864.17	7999.24	25.36%	30.50%

Fonte: Autor (2021).

Com exceção das estações Novo Barroso, Pajuçara e Centro de Eventos e Aldemir Martins observa-se que os resultados seguem tendências contrárias aos parâmetros de DQO e SST, onde no caso de CT ficam mais propensas a cumprirem as metas no segundo semestre.

Para os cálculos da tabela 19 foi utilizada uma confiabilidade de 95% de CT (para um  $Z(1-\alpha) = 1,645$ ) e a partir daí comparou-se o cdc, mx e percentual de atendimento metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 19 - Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para CT.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
Aldemir Martins	0.27	0.28	1367.75	1388.65	32.56%	31.35%
Aracapé III	0.26	0.27	1292.37	1350.20	40.21%	59.96%
Castelão (Boa Vista)	0.32	0.31	1587.28	1574.32	22.87%	23.37%
Centro de Eventos	0.27	0.28	1340.49	1378.41	33.81%	31.41%
Curió I e II	0.38	0.33	1885.47	1642.88	13.56%	20.52%
Escritores	0.38	0.36	1907.70	1789.42	13.01%	16.10%
Itaperi	0.29	0.27	1470.91	1346.93	27.39%	35.16%
Itaperussu	0.33	0.30	1635.78	1518.94	21.21%	25.40%
José Euclides Ferreira	0.34	0.30	1709.13	1500.02	100.00%	86.45%
Lago Azul	0.29	0.28	1443.10	1375.98	28.60%	32.07%
Novo Barroso	0.31	0.31	1530.13	1536.65	24.93%	24.64%
Novo Mondubim II	0.28	0.26	1380.72	1309.70	92.07%	95.12%
Pajuçara	0.32	0.36	1585.63	1779.76	22.48%	16.37%
Paupina	0.34	0.29	1717.15	1447.44	18.60%	28.41%
Pôr do sol	0.33	0.27	1636.88	1364.61	21.15%	32.80%
Pq. Potira II	0.27	0.28	1336.09	1419.31	35.27%	34.93%
Riacho Doce	0.39	0.36	1943.07	1792.59	12.52%	16.41%
Rosa de Luxemburgo	0.26	0.26	1324.28	1305.63	42.45%	99.86%
Rosalina	0.44	0.40	2197.33	2017.94	7.00%	10.47%
S. Miguel	0.27	0.28	1362.44	1413.65	33.70%	35.55%
Sítio Santana	0.29	0.27	1450.50	1339.71	28.31%	43.69%
TCM	0.31	0.27	1570.11	1346.03	23.16%	34.13%
Zeza tijolo	0.30	0.28	1508.88	1394.46	25.34%	30.47%

Fonte: Autor (2021).

Para o caso da tabela 19, com o nível de confiabilidade posto maior do que a tabela 18 observa-se que mais estações ficam inclusas na exceção cumprirem metas maiores no primeiro semestre, que no caso são: Parque Potira II e José Euclides Ferreira. Apesar disso, a maior diferença que há entre um semestre e outro, com relação a essas metas, é de 9,83% da ETE Pajuçara que já estava inclusa na situação de confiabilidade de 60%. A tabela 21 é uma

configuração geral dos valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação de EC por estação de tratamento em cada semestre.

Tabela 20 - Média, Desvio padrão e Coeficiente de Variação por semestre de cada ETE do parâmetro EC.

ETE	Média S1	Média S2	Desvio Padrão S1	Desvio Padrão S2	CV S1	CV S2
Aldemir Martins	2.69E+04	6.49E+04	7.53E+04	1.57E+05	279.51%	241.92%
Aracapé III	7.21E+02	2.75E+02	3.08E+03	6.91E+02	426.65%	251.15%
Castelão (Boa Vista)	1.19E+03	6.50E+03	1.88E+03	1.14E+04	157.86%	175.24%
Centro de Eventos	4.52E+03	2.89E+04	1.06E+04	6.86E+04	234.26%	237.52%
Curió I e II	1.01E+07	8.23E+06	9.60E+06	9.53E+06	95.46%	115.81%
Escritores	2.95E+06	1.95E+06	2.75E+06	2.13E+06	93.38%	109.44%
Itaperi	3.52E+04	2.50E+03	8.01E+04	7.25E+03	227.58%	289.71%
Itaperussu	4.47E+03	2.97E+03	1.09E+04	6.98E+03	243.69%	234.63%
José Euclides Ferreira	2.25E+01	3.55E+01	4.00E+01	5.78E+01	177.91%	162.66%
Lago Azul	5.50E+04	1.21E+03	9.91E+04	3.87E+03	180.33%	319.66%
Novo Barroso	5.86E+04	5.41E+04	9.84E+04	1.03E+05	168.02%	190.57%
Novo Mondubim II	3.29E+01	1.10E+01	6.78E+01	2.68E+01	206.33%	243.33%
Pajuçara	1.04E+06	2.37E+06	1.60E+06	2.65E+06	154.56%	111.97%
Paupina	5.09E+04	5.61E+04	8.46E+04	9.38E+04	166.23%	167.39%
Pôr do sol	5.36E+04	7.06E+02	9.38E+04	1.11E+03	174.95%	157.60%
Pq. Potira II	9.32E+02	7.49E+02	2.08E+03	1.07E+03	222.85%	143.36%
Riacho Doce	6.61E+04	4.57E+04	9.55E+04	7.77E+04	144.39%	170.00%
Rosa de Luxemburgo	1.53E+02	1.81E+01	4.34E+02	3.53E+01	282.68%	194.66%
Rosalina	6.85E+06	5.77E+06	6.03E+06	4.68E+06	88.10%	81.03%
S. Miguel	5.86E+02	1.59E+02	9.20E+02	2.79E+02	157.05%	175.97%
Sítio Santana	4.89E+03	3.78E+02	1.56E+04	7.98E+02	317.94%	210.89%
TCM	1.43E+05	1.42E+04	1.73E+05	3.96E+04	120.90%	279.73%
Zeza tijolo	2.53E+06	4.92E+05	4.53E+06	1.11E+06	179.04%	225.72%

Fonte: Autor (2021).

Para os cálculos da tabela 21 foi utilizada uma confiabilidade de 60% (para um  $Z(1-\alpha) = 0.253$ ) e a partir daí comparou-se o CDC mx e percentual de atendimento metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 14 - Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 60% para EC.

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
Aldemir Martins	2.04	1.84	8175.7	7371.39	40.16%	35.70%
Aracapé III	2.84	1.89	11346.6	7568.13	99.97%	100.00%
Castelão (Boa Vista)	1.41	1.50	5632.8	5980.30	99.08%	48.18%
Centro de Eventos	1.80	1.82	7208.7	7277.92	60.00%	37.64%
Curió I e II	1.13	1.21	4511.2	4846.57	14.75%	19.41%
Escritores	1.12	1.18	4479.3	4737.38	14.25%	18.10%
Itaperi	1.77	2.10	7067.1	8395.01	36.27%	79.20%
Itaperussu	1.85	1.80	7409.0	7216.55	60.64%	72.83%
José Euclides Ferreira	1.51	1.43	6034.4	5727.77	100.00%	100.00%
Lago Azul	1.52	2.26	6083.7	9040.34	31.10%	97.84%
Novo Barroso	1.46	1.57	5834.8	6293.47	29.60%	32.14%
Novo Mondubim II	1.66	1.85	6620.5	7401.40	100.00%	100.00%
Pajuçara	1.39	1.20	5568.0	4780.39	25.99%	18.64%
Paupina	1.45	1.46	5798.9	5822.15	29.70%	29.62%
Pôr do sol	1.49	1.41	5974.4	5627.67	30.58%	100.00%
Pq. Potira II	1.74	1.34	6967.2	5351.42	99.82%	100.00%
Riacho Doce	1.34	1.47	5371.0	5874.59	26.23%	30.41%
Rosa de Luxemburgo	2.06	1.59	8243.8	6377.99	100.00%	100.00%
Rosalina	1.10	1.08	4400.7	4301.33	12.83%	10.87%
S. Miguel	1.40	1.50	5617.0	5995.11	100.00%	100.00%
Sítio Santana	2.25	1.68	9003.3	6715.91	60.43%	100.00%
TCM	1.23	2.05	4936.2	8180.32	21.23%	44.00%
Zeza tijolo	1.51	1.76	6057.3	7027.89	28.87%	33.12%

Fonte: Autor (2021).

Como pode ser observado na tabela 21 a maioria dos resultados apontam que a maior parte das estações tem um desempenho de metas melhor com relação a remoção de EC no segundo semestre. Comparando com a tabela 18 de confiabilidade de 60% de CT aqui vemos um adicional de mais quatro estações em que as metas são melhores cumpridas no primeiro semestre: Rosalina, Paupina, Aldemir Martins e Castelão (Boa Vista). Para os cálculos da tabela 22 foi utilizada uma confiabilidade de 95% de CT (para um  $Z(1-\alpha) = 1,645$ ) e a partir daí comparou-se o cdc, mx e percentual de atendimento metas do primeiro e segundo semestre.

Tabela 22 - Resultados do Coeficiente de Confiabilidade (CDC), Mx e Percentual de metas de

atendimento por semestre em cada ETE para confiabilidade de 95% para EC

ETE	CDC S1	CDC S2	Mx S1	Mx S2	Metas S1	Metas S2
Aldemir Martins	0.26	0.27	1048.86	1068.8	36.55%	34.22%
Aracapé III	0.26	0.27	1036.68	1062.7	54.09%	87.28%
Castelão (Boa Vista)	0.30	0.29	1187.70	1149.3	49.87%	31.93%
Centro de Eventos	0.27	0.27	1074.44	1071.4	37.24%	34.26%
Curió I e II	0.37	0.34	1471.38	1342.4	14.75%	19.40%
Escritores	0.37	0.34	1487.69	1377.6	14.22%	18.06%
Itaperi	0.27	0.26	1079.98	1045.3	33.51%	42.04%
Itaperussu	0.27	0.27	1067.52	1074.2	37.74%	39.27%
José Euclides Ferreira	0.29	0.29	1144.27	1176.0	100.00%	100.00%
Lago Azul	0.28	0.26	1139.89	1038.1	29.36%	48.21%
Novo Barroso	0.29	0.28	1163.98	1123.1	27.98%	30.37%
Novo Mondubim II	0.28	0.27	1101.76	1067.8	100.00%	100.00%
Pajuçara	0.30	0.34	1196.28	1363.1	25.91%	18.60%
Paupina	0.29	0.29	1167.89	1165.4	27.83%	27.93%
Pôr do sol	0.29	0.30	1149.86	1188.4	28.80%	66.76%
Pq. Potira II	0.27	0.31	1084.25	1229.1	52.92%	67.27%
Riacho Doce	0.31	0.29	1225.81	1159.8	24.83%	28.32%
Rosa de Luxemburgo	0.26	0.28	1047.67	1117.0	98.04%	100.00%
Rosalina	0.38	0.40	1532.22	1599.9	12.82%	10.86%
S. Miguel	0.30	0.29	1189.75	1147.9	74.40%	99.98%
Sítio Santana	0.26	0.27	1038.35	1096.5	40.22%	81.59%
TCM	0.33	0.26	1317.05	1048.8	20.62%	37.03%
Zeza tijolo	0.29	0.27	1142.21	1081.6	28.83%	32.92%

Fonte: Autor (2021).

Neste caso, a tabela 22 nos confirma a tendência da maioria das estações manterem uma meta melhor no segundo semestre. Ao contrário da tabela 21 anterior, a ETE Paupina, neste caso mantém um desempenho de metas levemente melhor no segundo semestre confirmando a tendência da maioria das estações.

#### 5.4 Discussões acerca dos resultados obtidos

Os valores encontrados em todas as situações de confiabilidade aplicada entram em convergência com aqueles examinados por Monteiro (2009), Lobão (2009), Silveira (2011) e Alves (2020) em que, nesses estudos, quanto maior a exigência de confiabilidade da estação

menor a capacidade dela de atender ao percentual metas de atendimento a legislação, independente da época do ano. Os autores Djeddou e Achour (2015) apresentaram resultados mensais para modelagem de confiabilidade, todavia, esses resultados também não aprofundam as discussões com possíveis influências sazonais do clima da região em que se encontram as ETE'S dos respectivos estudos.

Comparando este trabalho com o de Monteiro (2009) em relação ao primeiro semestre, no cálculo de confiabilidade de 95% do parâmetro de DQO, foram encontrados valores muito próximos as metas de atendimento nas estações Aracapé II, Pôr-do-Sol, Novo Barroso e Novo Mondunbim e segundo semestre na estação Curió 1. Valores muito próximos de CDC também foram encontradas nessas estações, sob as mesmas condições de confiabilidade, principalmente no primeiro semestre. Em relação a SST, com o mesmo nível de confiabilidade fixado para 95% observa-se que não foram encontrados valores tão próximos quanto o de DQO com relação a metas de atendimento, porém, valores próximos de CDC para as estações já citadas neste parágrafo foram identificados.

Os valores encontrados tanto para diferentes concentrações de DQO quanto para diferentes níveis de confiabilidade deste mesmo parâmetro em períodos secos e chuvoso neste trabalho são coerentes com aqueles encontrados por Garcia (2016) ainda que as ETE's estudadas não estejam localizadas no Nordeste. Neste mesmo estudo outros parâmetros também apresentaram as mesmas tendências (DBO e Fósforo total) sazonais. Filho, Fonseca e Andrade (2019) nos apresenta um estudo que relata um incremento de vazão, dependendo da sazonalidade e intensidade de chuva, em até 42% de uma ETE na cidade de Florianópolis, constatando a presença de ligações pluviais irregulares, o que conseqüentemente, afeta todas as etapas da coleta de esgoto sanitário até seu tratamento e disposição final. Nesse sentido, este trabalho feito até aqui, ainda que não esteja trabalhado com dados de vazão pode nos mostrar indícios de ligações irregulares. A preocupação com este tipo de interligação já foi comentada por autores como Festi (2006) e Tsutiya et al. (2003) visto que há uma diferença clara entre o que foi produzido nos resultados das sessões anteriores.

Outras possibilidades também podem ser consideradas para que o comportamento da maioria estações não seja linear, isto é, não se comporte de forma parecida em épocas do ano diferentes. Como já citado na sessão da revisão bibliográfica, a umidade presente em grande parte do tempo no primeiro semestre, taxas de infiltrações maiores causadas por grandes volumes de chuva no SES, lixiviação causada pelo escoamento superficial, além da alta taxa de evapotranspiração mais evidente no segundo semestre, podem ser outros fatores que contribuem para essa não-linearidade do comportamento dos parâmetros das ETE's.

Nos cálculos obtidos pelas metas nas várias situações, apesar de haver grandes discrepâncias de um semestre para o outro é importante salientar que, para algumas delas, a diferença não passa de 5%, como é o exemplo da ETE Paupina no cálculo de confiabilidade de 95% para o parâmetro EC. Outras já conseguem manter uma linearidade igual, como desenrola-se na ETE José Euclides Ferreira, ainda utilizando das mesmas condições de confiabilidade e parâmetro da ETE citadas anteriormente.

## 6. CONCLUSÃO

Em suma, este trabalho detectou que desde a concepção dos gráficos relacionando chuvas e parâmetros até o cálculo de metas de atendimento a legislação, é corroborada a ideia de que as condições climáticas em que se encontra nosso estado afetam os sistemas de tratamento. Além disso foi possível descobrir que ao longo dos anos a CAGECE vem tendenciado a produzir um efluente cada vez mais próximo aos níveis exigidos na legislação de acordo com os gráficos do tipo linear elaborados com as médias anuais dos parâmetros, principalmente no que diz respeito a DQO, SST e CT, mas apesar disso, os resultados da estatística descritiva e percentual de metas de atendimento constataam que a maioria das ETE's que não produzem efluentes de qualidade no que concerne ao atendimento a legislação. No que tange ao parâmetro de pH em boa parte dos anos, a companhia conseguiu manter, em toda a década, níveis dentro dos padrões legislativos.

Mesmo o cálculo de confiabilidade e percentual de atendimento a metas seja para identificar possíveis ETE's que tenham que ser, por exemplo, reestruturadas, é importante salientar que, o comportamento dessas estações chega a ser bem discrepante de um semestre para outro, o que significa dizer que é preciso verificar o estado do SES que coleta o esgoto, além das condições físicas em que se encontram as estações. É interessante que futuros trabalhos que façam estudos parecidos no nosso estado, incluam a sazonalidade no desenvolvimento suas pesquisas para verificação da linearidade do efluente em que a estação produz e estabeleçam tolerâncias de níveis de um semestre para o outro, pois como visto nesse estudo, há tanto grandes como pequenas discrepâncias sazonais. Os próximos estudos também devem considerar outros tipos de modalidades de ETE (como Lagoas de Estabilização) além de considerar estações de tratamento que não estejam localizadas na cidade de Fortaleza, e sim em outros locais do estado do Ceará.

## REFERÊNCIAS

ALVES, M. S. **Análise da confiabilidade e modelagem cinética de lagoas de estabilização no Nordeste no Brasil**. 2020. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

APHA, 2012. **Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater**, 22nd Ed.:American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.209**: projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. 1992.

**Atlas esgotos**: atualização da base de dados de estações de tratamento de esgotos no Brasil / Agência Nacional de. Águas. - Brasília: ANA, 2020. 44 p.

BARRA, Tarcisio da S. et al. Caracterização climatológica da severidade de secas do Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, ed. 2, p. 266-272, 2002.

BORGES, Nayara Batista. **A problemática da areia nas estações de tratamento de esgoto – estudo de caso: ETES da Baixada Santista**. In: **Congresso Nacional De Saneamento E Meio Ambiente**, 30., 2019, São Paulo. Anais do XXX Congresso Nacional de Saneamento e Meio Ambiente. São Paulo: Revista Saneas, 2019. p. 1-19.

BRASIL, **Resolução CONAMA n°357**, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Publicado no D.O.U.

BRASIL, **Resolução CONAMA n°430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Publicado no D.O.U.

BRASIL. **Lei n°. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm)

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesus; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi da. **Tempo e clima no Brasil**. [S.l: s.n.], 2009.

Decreto n° 12.844, de 31/07/1978, na **Resolução COEMA N° 2 de 02/02/2017** .

DI BERNARDO, Luiz; DANTAS, Angela Di Bernardo. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. [S.l: s.n.], 2005.

DIAS, Alexandre Pessoa; ROSSO, Thereza Christina de Almeida. ANÁLISE DOS ELEMENTOS ATÍPICOS DO SISTEMA DE ESGOTO – SEPARADOR ABSOLUTO – NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. **ENGEVISTA**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 3, p. 177-192, dez 2011.

DJEDDOU, M.; ACHOUR, B.. Wastewater Treatment Plant Reliability Prediction Using Artificial Neural Networks. In: 12th IWA Specialised Conference on Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants, XII, 2015, Praga - República Checa. **Anais Eletrônicos**. Praga: IWA specialist groups, 2015. p. 1 – 6. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/281843309\\_Wastewater\\_Treatment\\_Plant\\_Reliability\\_Prediction\\_Using\\_Artificial\\_Neural\\_Networks](https://www.researchgate.net/publication/281843309_Wastewater_Treatment_Plant_Reliability_Prediction_Using_Artificial_Neural_Networks). Acesso em: 7 ago. 2021.

DORNELAS, Filipe Lima. **Avaliação do desempenho de wetlands horizontais subsuperficiais como pós-tratamento de efluentes de reatores UASB**. Orientador: Marcos von Sperling. 2008. 115 f. Dissertação (PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS) - Escola de Engenharia da UFMG, [S. l.], 2008.

FESTI, Aparecido Vanderlei. **Estimativa da infiltração e do afluxo devidos à precipitação na rede de esgoto sanitário em município de pequeno porte**. 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

FILHO, Pery Fornari; FONSECA, Mariana Moller de Limas; ANDRADE, Fernanda Marcelino de. Influência das chuvas de verão no ses costa norte: comparativo de vazões do efluente da ete canasvieiras entre jan/2017 e jan/2018. **XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal - RN**, v. 2, ed. 1, p. 1-7, jun 2019.

FONSECA, Vinicius Mendonça. **Deteção de outliers em dados amostrais de uma pesquisa econômica**. Orientador: Maysa Sacramento de Magalhães. 2011. 153 f. Dissertação (Mestre em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais.) - Escola Nacional de Ciências Estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 2011.

GARCIA, Marcelo Macruz. **Avaliação comparativa de desempenho operacional de ETEs do município de Blumenau**. 2016. 176 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/176192>. Acesso em: 07 ago. 2021.

H2O ENGENHARIA. **Você sabe como funciona o sistema de lodos ativados e quais são as suas modalidades?** Disponível em: <http://h2oengenharia.com.br/pt/voce-sabe-como-funciona-o-sistema-de-lodos-ativados-e-quais-sao-as-suas-modalidades/>. Acesso em: 29 jul. 2021.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, **Constantino Arruda**. **Tratamento de esgotos domésticos**. Rio De Janeiro: Synergia, 2009.

LOBÃO, J. R. S. **Análise de desempenho, estabilidade e confiabilidade de estações de tratamento de esgoto**. 2009. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH., 2016.

MONTEIRO, C. R. L. **Análise da eficiência e confiabilidade em 56 estações de tratamento de esgotos localizadas na região metropolitana de Fortaleza**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

MOURA, Ícaro Jael Mendonça et al. Caracterização dos períodos seco e chuvoso da cidade de Fortaleza (CE). **Ciência e Natura: Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM**, Santa Maria, v. 37, ed. Ed. Especial, p. 03-07, 2015.

MUTTI, Pedro Rodrigues. **Avaliação dos princípios da adoção de sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto ou unitário em áreas urbanas de clima tropical**. 2015. 150 f. Dissertação (Curso de Engenharia Ambiental) - Rio de Janeiro, 2015, [S. 1.], 2015.

NUNES, J. A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 4. ed. Aracaju: J. Andrade, 2001. 298 p.

OLIVEIRA, S. M. A. C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Tese. Belo Horizonte, 232 p., 2006.

OLIVEIRA, S. M. A. C.; VON SPERLING, M. **Reliability analysis of wastewater treatment plants**. Water Research, v. 42, p. 1182 – 1194. 2008;

OLIVEIRA, S.C.; VON SPERLING, M. **Análise da Confiabilidade de Estações de Tratamento de Esgotos**. Eng. Sanit. Ambient. Vol.12 - Nº 4 - out/dez 2007, 389-398.

PALMER, W.C. **Meteorological drought**. Washington: U.S. Weather Bureau, 1965. 65p.

PIVELI, R.P. **Tratamento de Esgotos Sanitários. Apostila do curso de tratamento de Esgotos Sanitários**. EP-USP, SP, 2006, 71 p.

RAMADAN, Abd El-Motaleb M et al. Evaluation of Wastewater Treatment Plants in El-Gharbia Governorate, Egypt. **Organic Chemistry**, [s. 1.], v. 6, n. 2, p. 1-12, 2017. DOI 10.4172/2161-0401.1000184. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/320378154\\_Evaluation\\_of\\_Wastewater\\_Treatment\\_Plants\\_in\\_El-Gharbia\\_Governorate\\_Egypt](https://www.researchgate.net/publication/320378154_Evaluation_of_Wastewater_Treatment_Plants_in_El-Gharbia_Governorate_Egypt). Acesso em: 7 ago. 2021.

SANTOS, André Bezerra dos. **Avaliação Técnica de Sistemas de Tratamento de Esgotos**. 1. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. 206 p. ISBN 978-85-87062-83-3.

SECCHI, Fábio Júnior; KONRAD, Odorico; TONETTO, Jaqueline. Avaliação do balanço hídrico e da eficiência de um alagado construído como alternativa de tratamento para efluente doméstico. **Ciência e Natura: Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v. 38, ed. 1, p. 453-461, jan 2016.

SILVA, FRANCISCO ARQUIMEDES DA. **Avaliação da Eficiência de uma Estação de Tratamento de Esgoto por Lodos Ativado Estudo de Caso: ETE Itaperussu – Fortaleza/Ceará**. 2011. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Saneamento Ambiental) - IFCE, Fortaleza, 2011.

SILVEIRA, A. G. M. **Análise de eficiência e confiabilidade em sistemas de baixo custo de tratamento de esgotos do tipo lagoas de estabilização**. 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Saneamento Ambiental)-Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SILVEIRA, Cleiton da Silva et al. ANÁLISE ESPACIAL DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO NO ESTADO DO CEARÁ:: análise comparativa entre métodos.. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 19., 2011, Maceió. **Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Maceió: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2011. p. 1-19.

SOUZA, C. M. N. **Relação saneamento-saúde-ambiente: os discursos preventivista e da promoção da saúde**. Saude soc., São Paulo, v. 16, n. 3, p. 125-137, dez. 2007.

SOUZA, C. M. N.; FREITAS, C. M.; MORAES, L. R. S. **Discursos sobre a relação saneamento-saúde-ambiente na legislação: uma análise de conceitos e diretrizes**. Eng. sanit. ambient., Rio de Janeiro, v. 12, n. 4, p. 371-379, out./dez. 2007.

TSUTIYA, M. T. et al. **Contribuição de Águas Pluviais em Sistemas de Esgotos Sanitários. Estudo de Caso da Cidade de Franca, Estado de São Paulo**. In: 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Joinville, Santa Catarina. Setembro. 2003.

TUNDISI, J. G.; **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. Estudos Avançados v. 22 n. 63, 2008. 16 p.

VAN HAANDEL, A. C.; MARAIS. G. **O comportamento do sistema de lodo ativado: teoria e aplicações para projetos e operação**. Campina Grande: Epgraf, 1999. 488 p.

VON SPERLING, M. (2007) Biological Wastewater Treatment Series. Vol. 5 **Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors**. IWA Publishing, London.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. DESA-UFMG. 3ª Ed. 2005. 456p.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – Vol. 3 – Lagoas de Estabilização**. 1ª Edição. Editora UFMG - Belo Horizonte, 1996. 140 p.