

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO ALTO VALE DO ITAJAÍ - CEAVI**  
**ENGENHARIA SANITÁRIA**

**JOÃO VICTOR PREIS**

**AVALIAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO:**  
**DIAGNÓSTICO ATUAL E SUGESTÕES PARA MELHORIAS**

**IBIRAMA**

**2018**

**JOÃO VICTOR PREIS**

**AVALIAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO:  
DIAGNÓSTICO ATUAL E SUGESTÕES PARA MELHORIAS**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Sanitária do Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Sanitária

Orientador: Tiago José Belli

**IBIRAMA  
2018**



**JOÃO VICTOR PREIS**

**AVALIAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO:  
DIAGNÓSTICO ATUAL, AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E SUGESTÕES PARA  
MELHORIAS**

Trabalho de conclusão apresentado ao curso de Engenharia Sanitária do Centro de Educação Superior do Alto Vale do Itajaí (CEAVI), da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Sanitária.

**Banca Examinadora:**

Orientador: \_\_\_\_\_  
Dr. Tiago José Belli  
CEAVI/UDESC

Membro 1: \_\_\_\_\_  
Eng. Emerson Souza  
PPGEA/UFSC

Membro 2: \_\_\_\_\_  
Me. Tiago Rogério Vitor Akaboci  
CEAVI/UDESC

**IBIRAMA, 29/11/2018**

Dedico este trabalho a minha família e aos meus amigos.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vida que me foi concedida e por tudo aquilo que me proporcionou. Obrigado pelas oportunidades e por permitir que eu realizasse meus objetivos na vida.

Aos meus pais, Amarildo e Serlene, por toda a assistência, investimento e por acreditarem no meu potencial. Por toda a força e compreensão nos momentos difíceis e por me incentivarem em minhas decisões. Vocês são a minha base e motivação para tudo!

Ao meu irmão e melhor amigo, Paulo, por todo apoio e parceria em todos os momentos. Você é a minha referência!

A minha cunhada, Elaine, pelo acolhimento, companheirismo e conforto em toda a minha caminhada.

A minha sobrinha e afilhada, Ayme, que mesmo sem saber me dava forças para eu nunca desistir e lutar sempre pelos meus objetivos na vida. Obrigado por ser essa criança especial e alegrar sempre a nossa família.

Ao meu amor, Yasmin, que sempre me incentivou nos momentos difíceis e sempre me acompanhou em todos os momentos. Obrigado pelo seu amor, por me ajudar em minha caminhada e por ser essa pessoa incrível que Deus me deu a oportunidade de conhecer. Você é muito especial pra mim!

Ao Seu Alexandre e a Dona Neusa por me acolherem em sua residência de forma maravilhosa para que eu pudesse realizar meus objetivos. Muito obrigado por tudo que vocês fizeram e fazem por mim!

A minha querida e amada vó Irma, que sempre batalhou para poder me dar o melhor e nunca nos deixou faltar nada. Apesar de você não estar mais presente, todas as minhas conquistas eu devo a senhora e sei que você está orgulhosa. Muito obrigado por tudo!

Aos meus amigos da faculdade, que sofreram, estudaram, passaram noites em claro, sofreram mais um pouco todos esses anos de faculdade. Vocês têm um lugar muito especial no meu coração!

Aos meus amigos, que sempre me incentivaram para que eu nunca desistisse e que sempre compreenderam a minha ausência em diversos momentos. Vocês são os melhores!

Aos meus familiares, que mesmo distante me deram todo apoio possível para que pudesse realizar essa conquista. Não poderia escolher família melhor!

A todos que de alguma forma me ajudaram a realizar esse meu sonho!

“A imaginação é mais importante que o conhecimento.”

(Albert Einstein)

## RESUMO

Os serviços de saneamento existentes voltados ao suporte das necessidades humanas não se aplicam a realidade das cidades, principalmente no que se refere à água e esgoto. O tratamento inadequado dos efluentes ou até mesmo o seu não tratamento, pode trazer danos tanto ao meio ambiente quanto aos seres humanos. O atendimento da população com água tratada é bastante elevado, porém, na questão de tratamento de esgoto esse valor é mais baixo, não ultrapassando os 50%. Diante disso, diversos trabalhos buscam tratamentos de esgotos eficazes e com baixo investimento, porém, tão importante quanto as novas tecnologias, é necessário a adequação, ajustes e maior eficiência nos tratamentos já existentes. O presente trabalho busca realizar diagnóstico dos atuais problemas de uma Estação de Tratamento de Esgotos Domésticos, tanto da estrutura física quanto dos aspectos operacionais que influenciam em sua eficiência. Basicamente, as propriedades dos efluentes são característicos de cada fase do processo de tratamento. A ETE foco deste estudo é formada por: tratamento preliminar, composta por gradeamento, desarenador e caixa de gordura; tratamento secundário, composto por UASB e Biofiltro Aerado Submerso; e tratamento terciário, composto por desinfecção. O balanço da situação atual em que se encontra a ETE foi realizado através das respostas obtidas por meio de levantamento de dados *in loco*, sobre as dificuldades operacionais encontrados no ambiente. Assim, pode ser observado que as manutenções tanto preventivas quanto corretivas na ETE são aliadas, quando se trata do bom funcionamento das etapas de tratamento, fazendo com que seu desempenho aumente consideravelmente. O conhecimento dos aspectos construtivos e operacionais da ETE são de fundamental importância para a realização do seu diagnóstico, bem como de todos os parâmetros envolvidos, de forma a se aproximar o máximo possível da situação atual, buscando melhorias que atendam às necessidades para a real situação da ETE.

**Palavras-chave:** Diagnóstico. ETE. Tratamento. Saneamento Básico.



## ABSTRACT

Existing sanitation services aimed at supporting human needs do not apply to the reality of cities, especially in relation to water and sewage. Improper treatment of effluents or even non-treatment can cause damage to both the environment and humans. The service of the population with treated water is quite high, however, in the matter of sewage treatment this value is lower, not exceeding 50%. Due to this, several works seek effective and low-cost sewage treatment, however, as important as new technologies, it is necessary to adapt, adjust and increase efficiency in existing treatments. The present work seeks to diagnose the current problems of a Domestic Sewage Treatment Station, both in the physical structure and in the operational aspects that influence its efficiency. Basically, the properties of the effluents are characteristic of each step of the treatment process. The ETE focus of this study is formed by: preliminary treatment, consisting of grating, sand and grease box; secondary treatment, composed of UASB and Submerged Aerated Biofilter; and tertiary treatment, consisting of disinfection. The balance of the current situation in which the ETE is found was carried out through the answers obtained through the comments of the operators that work in the place on the disorders found in the environment. Thus, it can be observed that both preventive and corrective maintenance in ETE are allied, when it comes to the proper functioning of the treatment stages, causing their performance to increase considerably. The knowledge of the constructive and operational aspects of ETE is of fundamental importance for the realization of its diagnosis, as well as of all the parameters involved, in order to get as close as possible to the current situation, seeking improvements that meet the needs for the real situation of the ETE.

**Keywords:** Diagnostic. ETE. Treatment. Basic Sanitation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do Funcionamento de um Reator UASB.....	25
Figura 2 - Estação de Tratamento de Efluentes.....	29
Figura 3 - Estação de Tratamento de Efluentes Domésticos.....	30
Figura 4 - Componentes da estação de tratamento.....	31
Figura 5 – Acúmulo de Sedimentos na Estação Elevatória de Efluentes.....	35
Figura 6 - Gradeamento Mecanizado e Anéis Laterais Rompidos.....	36
Figura 7 - Ressalto na Calha Parshall do Tratamento Preliminar.....	37
Figura 8 - Caixa de Gordura Não Utilizada.....	38
Figura 9 - Reator UASB.....	39
Figura 10 - Vertedores Entupidos do UASB.....	39
Figura 11 - Sistema de Quebra de Escuma.....	40
Figura 12 - Queimador de Gás e Estruturas Danificadas pela Produção de Gás.....	41
Figura 13 - Vazamento no Sistema BAS.....	42
Figura 14 - Soprador de Ar Superdimensionado.....	43
Figura 15 - Local de Instalação do Soprador de Ar.....	43
Figura 16 - Tanque de Contato.....	44
Figura 17 - Acúmulo de Água da Chuva e Sólidos no Tanque de Contato.....	44
Figura 18 - Registro do Canal de Saída.....	45
Figura 19 - Registros do Desarenador.....	46
Figura 20 - Tampas de Alumínio do Sistema Danificadas.....	47
Figura 21 - Amostradores de Lodo.....	48
Figura 22 - Valores de pH no Reator UASB.....	53
Figura 23 - Valores de Entrada e Saída de DBO.....	55
Figura 24 - Concentração de Nitrogênio Amoniacal na Entrada e Saída da ETE.....	56

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Produção de sólidos UASB .....	32
Equação 2 - Produção volumétrica de lodo .....	32
Equação 3 - Parcela de DQO convertida em gás metano .....	32
Equação 4 - Conversão da massa de metano em produção volumétrica .....	33
Equação 5 - Fator de correção para a temperatura operacional do reator .....	33
Equação 6 - Produção total de biogás.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Carga de DQO Convertida em Metano (kgDQOCH <sub>4</sub> /d) .....	52
Tabela 2 - Produção Volumétrica de Metano (m <sup>3</sup> /d).....	52
Tabela 3 - Produção Volumétrica de Biogás (m <sup>3</sup> /d).....	52
Tabela 4 - Produção Volumétrica de Biogás por Área do reator UASB (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .d). ....	52
Tabela 5 - Vazão de Ar Mínima e Atual no BAS.....	54
Tabela 6 - Dimensionamento do Tanque de Contato. ....	57
Tabela 7 – Parâmetros Utilizados para Cálculo da Produção de Lodo. ....	61
Tabela 8 – Custo Médio para Disposição Final em Aterro. ....	61

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ARSI	Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo
BAS	Biofiltro Aerado Submerso
CESAN	Companhia Espírito Santense de Saneamento
COT	Carbono Orgânico Total
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
ET	Especificação Técnica
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto ou Efluente
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
NBR	Norma Brasileira
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
pH	Potencial Hidrogênionico
PV	Poço de Visita
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo
ReCESA	Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SES	Sistema de Esgotamento Sanitário
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA/MCidades	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1.	JUSTIFICATIVA .....	13
1.2.	OBJETIVO GERAL.....	13
1.3.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1.	SANEAMENTO BÁSICO .....	15
2.2.	EFLUENTE SANITÁRIO OU DOMÉSTICO .....	17
<b>2.2.1.</b>	<b>Características Físicas dos Efluentes Domésticos.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2.</b>	<b>Características Químicas dos Efluentes Domésticos .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2.3.</b>	<b>Características Biológicas dos Efluentes Domésticos .....</b>	<b>21</b>
2.3.	FASES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	22
<b>2.3.3.</b>	<b>Tratamento Preliminar .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.4.</b>	<b>Tratamento Primário .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.5.</b>	<b>Tratamento Secundário.....</b>	<b>23</b>
<i>2.3.5.1.</i>	<i>Tratamento Anaeróbio .....</i>	<i>24</i>
<i>2.3.5.1.1.</i>	<i>Reator UASB ou RAFA.....</i>	<i>24</i>
<i>2.3.5.2.</i>	<i>Tratamento Aeróbio .....</i>	<i>25</i>
<i>2.3.5.2.1.</i>	<i>Biofiltro Aerado Submerso.....</i>	<i>26</i>
<b>2.3.6.</b>	<b>Tratamento Terciário .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.7.</b>	<b>Lodos de Esgoto .....</b>	<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>28</b>
3.1.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	28
<b>3.1.1.</b>	<b>Caracterização do Município.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1.2.</b>	<b>Caracterização da Estação de Tratamento de Efluentes .....</b>	<b>29</b>
3.3.	ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE LODO .....	31
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
4.1.	DIAGNÓSTICO ATUAL DA ETE .....	34
<b>4.1.1.</b>	<b>Situação da ETE .....</b>	<b>34</b>
<i>4.1.1.1.</i>	<i>Tratamento Preliminar.....</i>	<i>34</i>
<i>4.1.1.2.</i>	<i>Tratamento Secundário.....</i>	<i>38</i>
<i>4.1.1.2.1.</i>	<i>Reator UASB ou RAFA.....</i>	<i>38</i>
<i>4.1.1.2.2.</i>	<i>Biofiltro Aerado Submerso.....</i>	<i>41</i>

<b>4.1.1.3. Tratamento Terciário .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1.1.4. Problemas Gerais na ETE .....</b>	<b>45</b>
<b>4.2. SUGESTÕES PARA MELHORIAS NA ETE.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.1. Situação da ETE .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2.1.2.1. Reator UASB ou RAFA.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2.1.2.2. Biofiltro Aerado Submerso.....</b>	<b>54</b>
<b>4.2.1.3. Tratamento Terciário .....</b>	<b>56</b>
<b>4.2.1.4. Problemas Gerais na ETE .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE LODO DA ETE .....</b>	<b>60</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>64</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Com a expansão econômica, urbanística e, principalmente, o avanço populacional para os centros urbanos, houve uma maior necessidade por água e, conseqüentemente, um crescimento em seu consumo, gerando um aumento na produção de esgoto. Desta forma, se não tratado, o volume de contaminação dos recursos hídricos aumenta de maneira contínua e progressiva, prejudicando e onerando o tratamento de água (POLIDO, 2013).

Segundo Oliveira et al. (2015), os serviços de saneamento existentes voltados ao suporte das necessidades humanas não se aplica a realidade das cidades, principalmente aos que se referem a abastecimento público de água e a coleta e tratamento de esgoto, de modo que as cidades acabam se expandindo de forma acelerada, a passo que os serviços indispensáveis à qualidade de vida progridem de maneira lenta. Ainda, de acordo com os mesmos autores, um tratamento inadequado ou simplesmente inexistente dos efluentes, quando lançados ao corpo receptor, provocam diversas conseqüências negativas, tanto para o meio ambiente, como politicamente, economicamente e socialmente, contribuindo para a proliferação de doenças e a degradação do ecossistema, como também ocasionando a alteração dos recursos hídricos.

Conforme os dados do Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (BRASIL, 2018) do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), publicado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNSA/MCidades), referente ao ano de 2016, a população urbana atendida por rede de abastecimento de água apresenta um índice bastante elevado, com uma média nacional de 93%. Para o consumo médio de água no país, houve uma queda de 4,1% comparado com os anos anteriores (2015, 2014 e 2013). Em contrapartida, o atendimento à população urbana por redes de esgoto teve um crescimento de 4,1% comparado ao ano de 2015, com índice médio nacional de 59,7%. Quanto ao tratamento dos esgotos, o índice médio do país chega a 44,9% para a estimativa dos esgotos gerados e 74,9% para os esgotos que são coletados, alcançando um incremento de volume de esgotos tratados de 6,6%.

Em Santa Catarina o índice médio de atendimento urbano por rede de água indica valores acima de 90%. Já para atendimento urbano com rede coletora de esgotos, a situação se torna um pouco mais crítica, onde o índice médio apontou valores na faixa de 20% a 40%, demonstrando ser um quadro preocupante em relação aos problemas que podem ser causados pela falta dessa atividade.

Visando manter o sigilo sobre as informações técnicas da empresa onde será realizado o estudo, neste trabalho não será citado o seu nome e também o local de realização dos estudos.



A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) foco do presente estudo é composta, de forma sucinta, por tratamento preliminar, seguido de processo anaeróbio em reator UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), que tem como princípio a estabilização da matéria orgânica inicial promovida em todas as zonas de reação e realizada através da formação de uma biomassa com alta atividade microbiológica. Posteriormente o esgoto é encaminhado para o processo aeróbio efetuado por Biofiltro Aerado Submerso (BAS), que tem como objetivo a remoção da matéria carbonácea e nitrogenada através do crescimento de microrganismos de forma aderida em meio suporte. Após a finalização de todos os processos de tratamento, o efluente chega ao tanque final para realizar a desinfecção.

A estação de tratamento possui algumas particularidades em seu *layout* que prejudicam seu desempenho operacional. Há problemas técnicos de concepção de projeto que necessitam ser revistos, com vistas a melhorar o desempenho de tratamento da ETE.

O propósito de diversos trabalhos, atualmente, tem sido a procura de processos de tratamento de esgotos eficazes e de baixo investimento financeiro. Porém, é importante ressaltar que além de se investir em tecnologias inovadoras, é necessário dedicar-se aos sistemas de tratamento existentes, de forma a realizar a sua adequação, buscando ajustes e, conseqüentemente, uma maior eficiência do sistema (SCOTTÁ, 2015).

Diante deste contexto, o presente trabalho tem como proposta realizar o diagnóstico da situação atual em que se encontra a ETE, e, de acordo com falhas verificadas, propor a adequação de sua estrutura física e operacional.

## 1.1. JUSTIFICATIVA

A iniciativa deste trabalho foi estimulada pela necessidade de ajustes em uma Estação de Tratamento de Esgoto doméstico. As diversas condições inapropriadas estruturalmente e de seus componentes, a fragilidade no processo de tratamento do esgoto e a variabilidade dos resultados das análises realizadas pela entidade, a remoção de nutrientes e sólidos baixa, a ausência de uma supervisão frequente na ETE doméstico para correção destes fatos, além de outros fatores existentes, acabam influenciando e prejudicando o sistema de tratamento. Esses fatos esclarecem a preocupação da empresa com a estação e justifica a criação deste trabalho, tendo em vista uma análise crítica e mais aprofundada das adversidades atuais encontradas, bem como propondo melhorias a estação.

## 1.2. OBJETIVO GERAL

Realizar um diagnóstico dos atuais problemas, tanto da estrutura física quanto dos aspectos operacionais que influenciam na eficiência do tratamento.

### 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar possíveis problemas existentes na estrutura física do local e operacionais, como também a falta de elementos que interferem na qualidade do processo de tratamento, que possam influenciar na eficácia da ETE;
- Apresentar proposta de melhorias que venham a ser cabíveis as falhas encontradas nas etapas acima citadas, bem como para a rotina operacional da estação e para os procedimentos aplicados para o sistema tratamento.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse tópico tem como objetivo realizar um apanhado geral e sucinto sobre o assunto abordado nesse trabalho, assim como demonstrar dados e definições através de pesquisas realizadas na literatura existente.

### 2.1. SANEAMENTO BÁSICO

Conforme o Manual do Saneamento Básico do Instituto Trata Brasil (2012, p. 9), “saneamento é o conjunto de medidas que visa preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde, melhorar a qualidade de vida da população e à produtividade do indivíduo e facilitar a atividade econômica.” Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), saneamento nada mais é do que o equilíbrio do conjunto de ações socioeconômicas do homem, que pode ocasionar ou não consequências sobre o bem-estar físico, mental e social do mesmo, tendo como propósito atingir a Salubridade Ambiental (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2007).

De acordo com o Manual de Saneamento da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (FUNASA, 2015, p. 19), com o intuito de atingir determinados os níveis de saúde, o Saneamento Ambiental se faz através de condutas sociais e econômicas por meio de abastecimento de água potável, coleta e disposição sanitária de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, promoção da disciplina sanitária de uso do solo, drenagem urbana, controle de doenças transmissíveis e demais serviços e obras especializadas, de maneira a assegurar e beneficiar a qualidade de vida urbana e rural. No mesmo caminho, a Constituição Federal garante o saneamento básico como um direito de toda a sociedade, e fundamentada na Lei nº 11.445/2007, a qual estabelece diretrizes nacionais para esse privilégio, considera-o como conjunto de serviços ou atividades, infraestruturas e instalações operacionais de:

- a) abastecimento de água potável: abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;
- d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (BRASIL, 2007).

Em relação as áreas do saneamento citadas, o esgotamento sanitário é o que manifesta maior carência no que se refere aos serviços básicos oferecidos à população. Para Dantas et al. (2012), com a expansão populacional para os territórios urbanos, de forma centralizada, provocou o despejo de elevadas cargas orgânicas de maneira pontual. Deste modo, para assegurar o tratamento eficaz de enormes quantidades de resíduos sólidos e líquidos, houve a necessidade de se criar tecnologias otimizadas. Um tratamento de esgoto inadequado e ineficaz, ou simplesmente a falta dele pode gerar uma série de transtornos relacionados à saúde humana, provocados pela contaminação das águas do corpo hídrico receptor. “Os excretos e os esgotos sanitários são as principais fontes de contaminação dos corpos d’água e do solo, transmitindo grande quantidade de bactérias, vírus, protozoários e helmintos patogênicos aos seres humanos.” (PEREIRA, 2013, p. 5).

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), através do Atlas Esgoto (ANA, 2017) apresentado pela Agência Nacional de Águas (ANA) e a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (SNSA/MCidades), demonstram que cerca de 9,1 mil toneladas de esgoto são gerados por dia no Brasil, sendo que cerca de 3,9 mil toneladas são encaminhadas para tratamento coletivo, 1,1 mil toneladas são encaminhadas para fossas sépticas (solução individual adequada), 1,7 mil toneladas são coletadas mas não são submetida a tratamento e 2,4 mil toneladas são despejadas a céu aberto. Ainda, dos 5.570 municípios brasileiros apontados pelo Atlas Esgoto, apenas 55% da população possui tratamento considerado adequado, onde 43% possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam fossa séptica (solução individual). Já por outro lado, 45% da população possui o tratamento considerado precário ou inexistente, onde 18% têm seu esgoto coletado e não tratado e 27% não possuem coleta e nem tratamento, ou seja, sem atendimento ao serviço de coleta sanitária.

Segundo a mesma fonte, em Santa Catarina aproximadamente 71% da população possui tratamento tido como apropriado, sendo que 24% possui esgoto coletado e tratado e 47% utilizam solução individual. Entretanto, 29% da população possui o tratamento apontado como insatisfatório ou nulo, sendo que 9% da população têm seu esgoto coletado e não tratado e 20% não possui nenhum tipo de coleta e tratamento.

O efluente gerado a partir dos dejetos sanitários precisa ser coletado, tratado e ser encaminhado ao destino final apropriadamente. Diversas condições influenciam na escolha das alternativas tecnológicas para a realização do tratamento do efluente. Por conta disso não há um sistema de tratamento padrão para ser utilizado, e isso dependerá de diversos parâmetros físicos, operacionais, de legislação, entre outros. Para que haja um sistema de tratamento de

esgoto eficiente, necessita-se de investimentos para que se consiga o desenvolvimento, em termos de infraestrutura requerida para preservar o meio ambiente e favorecer a qualidade de vida da população, assim como possibilitar novas oportunidades de negócios.

## 2.2. EFLUENTE SANITÁRIO OU DOMÉSTICO

Definido por Gonçalves (1997 apud SILVA, 2014), esgoto ou efluente sanitário nada mais é do que o conjunto das águas de abastecimento (99,92%) às quais, pelos usos do tipo domésticos (podendo ser elas residenciais ou comerciais e industriais), de alguma forma acrescentou-se substâncias sólidas, semissólidas e líquidas (0,08%), onde muitas delas são consideradas poluentes ou patogênicas, modificando suas propriedades físicas, químicas e biológicas.

Em sua maioria, as propriedades dos efluentes são característicos de cada fase do processo de tratamento. O efluente fresco apresenta odor de mofo, provocado pela decomposição dos dejetos que geram gases toleráveis. Sua coloração é levemente na escala de cinza, acompanhada de certa turbidez. Já para o efluente velho ou séptico, esses gases gerados são intoleráveis, provocados pela presença de gás sulfídrico no processo de decomposição dos dejetos, causando um odor semelhante a ovo podre. Sua tonalidade é predominantemente cinza escuro ou preta indicando o elevado estado de decomposição do esgoto (BRASIL, 2015).

Mesmo que grande parte do esgoto é composto por água (cerca de 99,9%), ele apresenta uma parcela de 0,1% de sólidos em seu meio. Apesar desse percentual ser relativamente insignificante, esse material sólido presente é o causador dos problemas de poluição das águas e a saúde humana, sendo necessário a realização de tratamento do mesmo, visando medidas benéficas ao meio ambiente e a qualidade de vida (VON SPERLING, 2014).

Como apresentado por Telles (2014), o efluente sanitário pode ser dividido em fraco, médio e forte, variando de acordo com suas características. Sua vazão e concentração podem ser influenciados por aspectos manipuláveis, como gênero dos equipamentos, método construtivo da rede coletora, extensão das ligações clandestinas de água pluvial, qualidade do abastecimento de água, entre outros. E também por fatores de controle complexo, como as condições do clima, costumes higiênicos e padrão socioeconômico da sociedade, etc.

Para a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), através da Norma Brasileira (NBR) 9.648/1986, o qual tem como princípio o estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, efluente sanitário é definido como “desejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária” (ABNT, 1986, p. 1).

Os esgotos domésticos ou domiciliares têm origem de qualquer edificação que contém instalações de banheiros, lavanderias, cozinhas ou todos os dispositivos que se utilizam de água para fins domiciliares, como residências, edificações comerciais e instituições. Sua composição contém simplesmente águas oriundas de banho, urina, fezes, papel, restos de alimentos, sabão, detergentes e águas utilizadas de lavagem (JORDÃO; PESSOA, 2011).

Ainda, segundo os mesmos autores, os efluentes industriais são bastante diversificados, provendo das águas utilizadas de diversos fins industriais. Por conta disso adquirem aspectos próprios em função das fases que está sujeito o processo industrial. Assim, as indústrias devem ser consideradas heterogêneas no processo de tratamento, mesmo que tenham processos industriais sejam semelhantes, pois os efluentes gerados tem características diferentes uns dos outros.

Segundo Costa (2013), as águas de infiltração são aquelas que provindas da camada subterrânea oriundas do subsolo e acabam adentrando no sistema por condutos e acessórios. Esse tipo de água é indesejável, porém está sempre presente nas tubulações de efluentes de várias maneiras, como através das paredes das canalizações (por serem mal executadas ou contendo deformidades), pelas estruturas dos Poços de Visita (PV) e também das Estações Elevatórias de esgoto (EEE), entre outras maneiras. Essa infiltração, na maioria das vezes quando não se tem dados precisos, tem o valor para cálculo adotado em redes coletoras de esgoto, onde recomenda-se utilizar de 0,05 L/s.km a 1,0 L/s.km.

De acordo com Viola (2008), as águas pluviais consideradas parasitárias em redes coletoras de esgoto, podem ser apontadas como águas oriundas de precipitações atmosféricas, que escoam e infiltram superficialmente ao entrar em contato direto com o solo, como as coberturas de prédios, telhados de edificações. Em suma, as águas pluviais parasitárias são as águas da chuva.

### **2.2.1. Características Físicas dos Efluentes Domésticos**

Segundo Von Sperling (2014), as características físicas encontradas nos efluentes domésticos se dividem em quatro principais parâmetros:

- Temperatura: o efluente doméstico possui a temperatura rapidamente superior à da água de abastecimento, variando conforme as estações do ano (mais estável que a temperatura do ar). Sua ação influencia na atividade microbiana, na solubilidade de gases, na velocidade de reações químicas e na viscosidade dos líquidos;

- Cor: quando o efluente é considerado fresco, sua cor predominante é ligeiramente cinza. Já para efluente séptico (ausência completa de oxigênio livre), a cor predominante é cinza escuro ou preto;
- Odor: o efluente fresco possui odor oleoso e relativamente desagradável. Já o efluente séptico tem como peculiaridade o odor fétido (desagradável) por conta da liberação de produtos da decomposição, como o gás sulfídrico. Para os despejos industriais, tem como particularidades possuírem odores característicos, variando conforme o processo produtivo;
- Turbidez: para efluentes mais concentrados ou mais frescos geralmente se obtêm uma maior turbidez. Dessa forma acaba ocasionando uma grande variedade de sólidos em suspensão.

### **2.2.2. Características Químicas dos Efluentes Domésticos**

Para Von Speling (2014), as principais características químicas presentes nos efluentes domésticos são:

- Sólidos Totais: são identificados nas formas orgânicas e inorgânicas e classificados em:
  - I. Em suspensão: são os sólidos que são capturados pelos filtros de papel com o tamanho dos poros de dimensões conhecidas (0,45 a 2,0  $\mu\text{m}$ ). Essa parcela de sólidos é dividida em sólidos fixos, constituídos de componentes minerais, não incineráveis e inertes, e também em sólidos voláteis, constituídos de componentes orgânicos;
  - II. Dissolvidos: se trata dos sólidos que não são retidos pelos filtros de papel de tamanho acima mencionado. Essa classe também compreende os sólidos coloidais. Tal fração é caracterizada da mesma forma por sólidos fixos, constituídos de componentes minerais, e sólidos voláteis, constituídos de componentes orgânicos;
  - III. Sedimentáveis: composto pelos sólidos que são capazes de sedimentarem em 1 (uma) hora em cone de Imhoff, equivalendo aproximadamente a sedimentação em um tanque de decantação.

- **Matéria Orgânica:** constituído por uma mistura heterogênea de variados compostos orgânicos, onde dentre os principais tem-se as proteínas, os carboidratos e os lipídios. A quantidade de matéria orgânica pode ser identificada por:
  - I. **Determinação indireta:**
    - i. **DBO<sub>5</sub>:** denominada como Demanda Bioquímica de Oxigênio, é medida em um período de 5 (cinco) dias a 20°C. Ela está relacionada com a parcela biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. Se trata da determinação de oxigênio no processo de oxidação bioquímica da matéria orgânica provocada pelos microrganismos após um intervalo de 5 (cinco) dias;
    - ii. **DQO:** Demanda Química de Oxigênio, como é chamado, nada mais é do que a quantidade requerida de oxigênio para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea. Neste método empregasse fortes agentes oxidantes em condições ácidas, como o dicromato de potássio;
    - iii. **DBO<sub>u</sub>:** intitulado como Demanda Última de Oxigênio, representa o total consumo de oxigênio, ao final de um período de vários dias, para a oxidação bioquímica da matéria orgânica, requisitado pelos microrganismos.
  - II. **Determinação direta:**
    - i. **COT:** Carbono Orgânico Total como é nomeado, é uma medida direta da matéria orgânica carbonácea, sendo determinado pela conversão do carbono orgânico a gás carbônico.
- **Nitrogênio Total:** no tratamento biológico de efluentes, o nitrogênio total é um nutriente indispensável para o desenvolvimento dos microrganismos. Ele é composto por nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato, onde o nitrogênio orgânico junto com a amônia forma o chamado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK). As diversas categorias do nitrogênio total podem ser encontradas nas seguintes formas:
  - I. **Nitrogênio orgânico:** encontrado na forma de proteína, aminoácidos e ureia;
  - II. **Amônia:** Resultado do primeiro estágio da decomposição do nitrogênio orgânico;
  - III. **Nitrito:** fase intermediária da oxidação da amônia, estando dificilmente presente no efluente bruto;
  - IV. **Nitrato:** elemento final da oxidação da amônia, sendo praticamente ausente no efluente bruto.



- Fósforo: elemento essencial no que diz respeito a tratamento biológico, sendo o fosforo total, encontrado na forma orgânica (agregado a matéria orgânica) e inorgânica (como ortofosfato e polifosfatos).
- pH: tem como função indicar qual a característica presente no esgoto, sendo elas ácidas, básicas ou neutras (valor igual a 7). Em fases de oxidação, realizada biologicamente, tem a tendência de diminuir o Potencial Hidrogeniônico (pH).
- Alcalinidade: sua tarefa é ser um indicador da resistência das alternâncias de pH (capacidade tampão do meio), pela presença de bicarbonato, carbonato e íon hidroxila.
- Cloretos: são elementos oriundos dos excrementos humano e das águas de abastecimento.
- Óleos e graxas: nos efluentes domésticos, a principal fonte desse composto são os óleos e gorduras utilizadas nas comidas, o qual é uma parcela da matéria orgânica solúvel em hexanos.

### **2.2.3. Características Biológicas dos Efluentes Domésticos**

Os principais microrganismos, de acordo com Von Sperlig (2014), que são convenientes na Engenharia Ambiental são:

- Bactérias: é uma espécie que apresenta várias formas e tamanhos, e são responsáveis transformação da matéria orgânica presente nos efluentes. São organismos unicelulares, onde alguns deles são causadores de doenças (patógenos);
- Arqueobactérias (archaea): tem características semelhantes ao das bactérias, como o seu tamanho e constituintes celulares. Porém, diferenciase na parede e o material celular, assim como na constituição do RNA. Seu papel é de grande importância para os processos anaeróbios;
- Algas: são espécies autotróficas, causadores do processo de fotossíntese por serem seres vivos clorofilados. Por produzirem oxigênio nos corpos hídricos e fazer parte de alguns processos de tratamento de esgoto, são essenciais nos sistemas de tratamento de esgoto. Contudo, quando se trata de lagos e represas, podem causar degradação da qualidade da água por difundir-se em abundância;
- Fungos: são organismos que tem a capacidade de se multiplicar em condições de pH baixo. Sua espécie tem característica predominantemente aeróbio, não são

fotossintéticos, mas são heterotróficos e são unicelulares ou multicelulares. Quando se trata de tratamento de efluentes, tem participação fundamental também na decomposição da matéria orgânica;

- Protozoários: alguns de sua espécie são patógenos. Entretanto, eles são importantes para o tratamento biológico, equilibrando e dando suporte para os demais grupos existentes no sistema de tratamento. Se alimentam de bactérias, algas e diversos microrganismos. São unicelulares sem parede celular e a sua maioria é aeróbia ou facultativa;
- Vírus: são espécies de difícil remoção no tratamento das águas e dos esgotos e são responsáveis por diversas doenças. São parasitas e formados por DNA ou RNA (material genético), protegido por uma camada de proteína;
- Helmintos: são considerados animais superiores e a presença de seus ovos nos efluentes podem causar doenças.

### 2.3. FASES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O efluente fabricado varia muito suas características conforme como ele foi originado. Essas variações podem ser se ele for de origem doméstica, industrial ou pluvial, a variação horária, a extensão e as condições da rede coletora, também a época do ano (chuvoso ou seco). Contudo, para que o esgoto retorne ao corpo receptor sem modificações de qualidade e realizando o cumprimento das legislações ambientais vigentes, esse tratamento deve-se ter como foco a remoção dos principais poluentes existentes nas águas residuárias (AISSE, 2010).

O tipo de sistema de tratamento a ser utilizado e a seu arranjo são definidos de acordo com as condições em que se encontram o efluente, tal como a qualidade das águas dos corpos receptores. Esse sistema de tratamento varia também em relação as propriedades físicas, químicas e biológicas do efluente. A eliminação dos poluentes presentes no tratamento, com o objetivo de adaptar-se os padrões de lançamento à qualidade em que se deseja alcançar ou aos padrões de qualidade em vigor está ligado ao nível de tratamento tal qual sua eficiência. (VON SPERLING, 2005).

Os sistemas de tratamento geralmente seguem uma padronização no quesito níveis de tratamento de esgoto, porém podem admitir diferentes tecnologias para purificação das águas residuárias (BRAGA et al, 2002).

Desta forma, segundo Von Sperling (2014), os sistemas de tratamento de efluentes são classificados habitualmente nas seguintes fases: preliminar, primário, secundário e terciário.

### **2.3.3. Tratamento Preliminar**

Para Von Sperling (2014), este tratamento é basicamente constituído por processos físicos, que tem como objetivo o processo de separação dos sólidos grosseiros através de gradeamento, podendo ser elas grossa, média e fina, sendo diferenciadas pelo seu dimensionamento e espaçamento entre as grades (nesta etapa também inclui-se as peneiras rotativas), a remoção de areia através do desarenador ou caixas de areia, e a eliminação de gordura por meio de caixas de gordura. Além dessas unidades, se integra ao pré-tratamento o medidor de vazão.

Ainda o mesmo autor cita que uma das principais finalidades do tratamento preliminar são a proteção dos mecanismos de transporte dos esgotos, como bombas e canalizações, proteção das unidades de tratamento posteriores ao tratamento preliminar e também a proteção e a conservação corpos hídrico receptor.

### **2.3.4. Tratamento Primário**

Assim como o tratamento preliminar, o tratamento primário também é considerado um mecanismo de separação física de remoção de poluentes, que tem como objetivo a remoção dos sólidos em suspensão sedimentáveis e os sólidos flutuantes. Nesta etapa pode ser compreendido as atividades de sedimentação, decantação, flotação e digestão de sólidos, que são realizados através das unidades denominadas decantadores, podendo ser eles circulares ou retangulares. Ainda é importante destacar que os materiais com menor densidade que o líquido caracterizado no efluente, como óleos e graxas, são careados para a superfície dos decantadores e posteriormente são removidos do tanque para tratamento adequado (VON SPERLING, 2001, 2014).

### **2.3.5. Tratamento Secundário**

De acordo com Baird (2002), este estágio de tratamento tem como intuito remover do esgoto os sólidos, a matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel ou filtrada), a matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada). Também os nutrientes presentes nos efluentes, como nitrogênio e fósforo.

Diferentemente das fases anteriores onde prevalecia os mecanismos de ordem física (tratamento preliminar e tratamento primário), a essência do tratamento secundário é a

incorporação de um processo biológico. Nele a retirada da matéria orgânica é realizada através de reações bioquímicas, promovidas pelos microrganismos (VON SPERLING, 2014).

Ainda, o autor cita que no tratamento secundário existe uma grande variedade de microrganismos que fazem parte do procedimento, como bactérias, protozoários, fungos, entre outros. Esses organismos tem a habilidade de converter a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular, em condições aeróbias. Além disso, tem-se também a geração de gás metano quando se trata do sistema em condições anaeróbias.

#### *2.3.5.1. Tratamento Anaeróbio*

Este tratamento é evidenciado por não possuir qualquer utilização de oxigênio, como também não necessita qualquer tipo de fontes estimulantes do mesmo. Este método inicia-se justamente devido a essa ausência, pois o afluente apresenta concentrações baixas deste elemento (ZEEMAN; LETTINGA, 1999).

As principais vantagens do tratamento anaeróbio são: baixa produção de sólidos, baixa utilização de energia, baixas despesas de implantação e operação, suporta altas cargas orgânicas, facilidade de operar com elevados tempos de retenção de sólidos e baixos tempos de detenção hidráulica. Já as principais desvantagens do tratamento anaeróbio são: remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e patógenos precária, a DQO residual para lançamento pode não atender aos parâmetros exigidos pela legislação ambiental, e elevada instabilidade por conta de choques de carga orgânica e hidráulica, presença de compostos tóxicos ou ausência de nutrientes (CHERNICHARO, 2016).

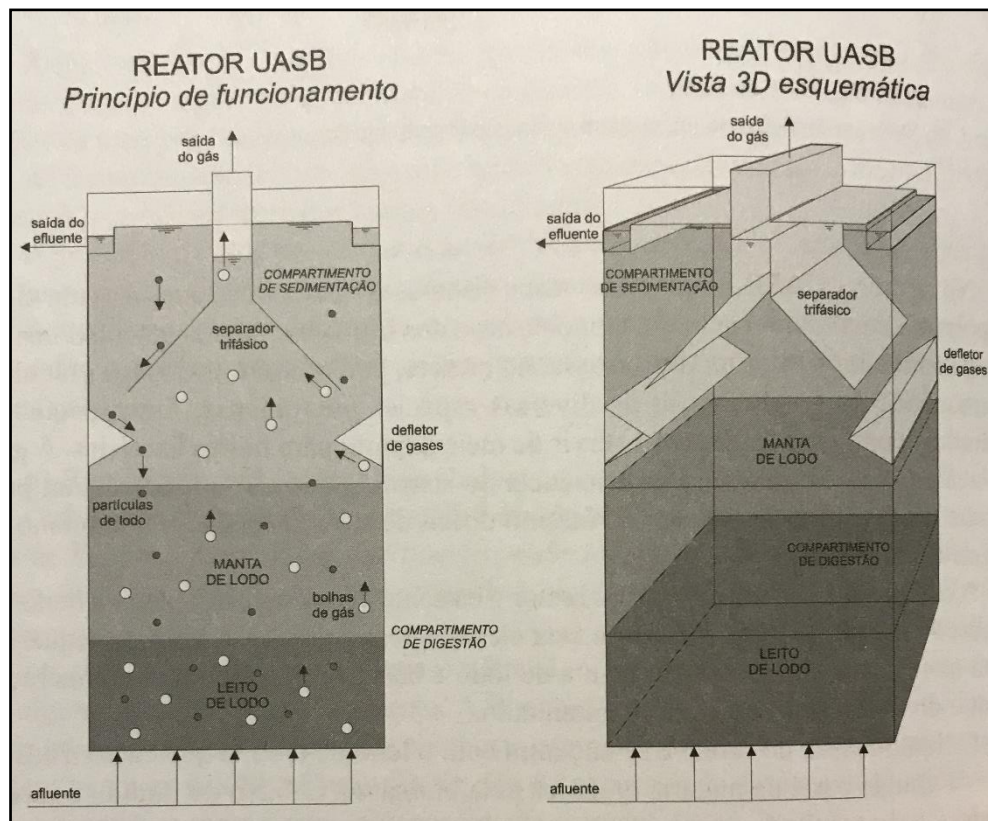
##### *2.3.5.1.1. Reator UASB ou RAFA*

Este reator também é conhecido como RAFA (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo). Segundo Von Sperling (2014), nesse tipo de reator a biomassa não cresce aderida em meio suporte, e sim dispersa. Quando crescem podem formar pequenos grânulos que são a junção de várias espécies microbianas. Esses grânulos ajudam para que a eficiência do sistema aumente, pois servem de meio suporte para outras bactérias. A concentração de biomassa nesse sistema é muito alta, porém o volume necessário é muito baixo quando comparado com outros sistemas de tratamento.

Conforme Figura 1, o efluente entra no fundo do reator, chocando-se com o leito de lodo. Nesta fase parte da matéria orgânica fica aderida na biomassa. Pela reação da atividade

anaeróbia são formados gases (principalmente o metano e o gás carbônico), fazendo com que as bolhas produzidas tendem a subir, já que o fluxo do efluente é ascendente. Para que os gases gerados não escapem com o esgoto para a etapa posterior, existe nesse sistema uma estrutura denominada separador trifásico. Essa estrutura faz com que haja a separação do líquido, dos sólidos e dos gases e sua forma é geralmente um tronco de pirâmide ou cone invertido. O gás pode ser reaproveitado na forma energética através da coleta na parte superior do reator. Os sólidos que ficaram retidos no separador trifásico sedimentam e retornam gravitacionalmente ao corpo do reator (VON SPERLING, 2014).

Figura 1 - Representação do Funcionamento de um Reator UASB.



Fonte: Von Sperling, 2014.

### 2.3.5.2. Tratamento Aeróbio

Diferentemente do tratamento anaeróbio, esse sistema necessita da presença de oxigênio (fonte de energia para os microrganismos) para que biomassa cresça, flocule e seja colocada em contato com a matéria orgânica através da recirculação do efluente. Essa presença de oxigênio no meio pode ser inserida por meio natural ou artificial (aeradores e difusores de ar).

Uma das vantagens dos reatores aeróbios é a junção do sistema de aeração natural com o sistema de aeração forçada, apresentando maiores taxas de remoção de matéria orgânica. Ainda, há menor risco de emissão de odores e maior capacidade de absorção das substâncias de menor degradabilidade ou até mesmo das substâncias tóxicas. Em contrapartida, as principais desvantagens é que os sistemas aeróbios necessitam de áreas de implantação maiores, possuem alto consumo de energia nos sistemas de aeração forçada e muitas vezes são inviáveis economicamente, visto os seus custos de instalação mecânica e operacional (FARRUGIA, 2012).

#### *2.3.5.2.1. Biofiltro Aerado Submerso*

Este sistema é formado por um tanque, no qual o mesmo é constituído de material poroso onde o esgoto e o ar circulam de maneira invariável. Na grande maioria desse tipo de sistema, o meio poroso fica totalmente mergulhado no efluente e seu fluxo de líquido pode ser no sentido ascendente ou descendente, já o fluxo de ar é sempre no sentido ascendente (VON SPERLING, 2014).

De acordo com Gonçalves (1996), os biofiltros aerados submersos são compostos por uma fase sólida, que nada mais é do que o biofilme formado pelos microrganismos e pelo material suporte; por uma fase líquida, que é o resultante do que passou pelo meio poroso; e por uma fase gasosa, formada pela baixa produção de subprodutos gasosos das reações biológicas e em maior produção pela aeração forçada.

Segundo Von Sperling (2014), no Brasil os biofiltros aerados submersos são utilizados como tratamento posterior de efluentes dos reatores UASB, onde o decantador primário deixaria de existir e passaria ser o UASB, ganhando, dessa forma, uma maior eficiência na remoção de DBO e o lodo em excesso (obtido pela lavagem dos filtros) retorna ao reator UASB.

#### **2.3.6. Tratamento Terciário**

Após as fases de tratamento citadas anteriormente, é necessário dispor o efluente final no corpo receptor, mais antes terá que passar por uma espécie de “polimento”. Neste processo, ocasionalmente, há necessidade de agir nas águas residuárias com desinfecção. Este tipo de processo tem como objetivo realizar a remoção de organismos patogênicos ou, em casos exclusivos, a retirada de certos nutrientes, como por exemplo nitrogênio e fósforo. Essa

remoção se dá pelo fato desses elementos proporcionarem, de maneira isolada ou conjunta, a eutrofização dos corpos hídricos receptores (NEVES, 1974).

### **2.3.7. Lodos de Esgoto**

De modo geral, pode-se dizer que todas as etapas que envolvem o tratamento de efluentes geram subprodutos que são denominados lodos de esgotos. Nesta etapa, o gerenciamento deste lodo é tão importante quanto o tratamento do próprio efluente. Segundo Von Sperling e Gonçalves (2014), o lodo produzido varia em função do tratamento utilizado, porém, na maioria das vezes os lodos de esgoto são: sólidos grosseiros, areia, espuma, lodo primário, lodo secundário, lodo misto e lodo químico.

Para Silva et al. (2014) os componentes presentes nas águas residuárias se concentram de diferentes formas no lodo, conferindo-lhe propriedades positivas ou negativas. Este é o ponto principal do gerenciamento do lodo e o que é basicamente negligenciado pelas empresas de saneamento. “A melhor estratégia é a prevenção, pois quando o lodo já está contaminado, mesmo se processado em incineradores, provoca riscos ambientais sensíveis.” (SILVA et al., 2014, p. 68)

### **3. METODOLOGIA**

Este capítulo compreende a apresentação do local da realização do estudo, assim como a descrição da Estação de Tratamento de Esgoto em questão e os métodos utilizados para a realização desta pesquisa.

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

Conforme mencionado anteriormente, o nome da empresa e sua localização exata não serão divulgados neste trabalho, pretendendo manter sigilo sobre as informações técnicas disponibilizadas pela empresa. Sendo assim, o município em questão passará a ter um nome fantasia/fictício, e será chamado de município X. O mesmo será feito com a empresa, onde passará a ser nomeada de empresa Y.

##### **3.1.1. Caracterização do Município**

O município X é uma cidade do estado de Santa Catarina e está localizado na região do Vale do Itajaí. Ele apresenta uma herança cultural dos imigrantes alemães e italianos e é considerada a quinta cidade mais rica de sua microrregião.

Conforme dados de Turismo de Santa Catarina (2018), o município X tem sua economia baseada principalmente na agricultura, pecuária e na indústria têxtil, no setor metalúrgico, de equipamentos e de alimentos, além de ser uma cidade com bastante atrativos turísticos.

De acordo com o Relatório de Esgotamento Sanitário Municipal, do SNIRH, através do Atlas Esgoto (2017) apresentado pela ANA e a SNSA/MCidades, o município onde serão realizadas as atividades possuía, no ano de 2013, uma população de 58.310 habitantes. O índice de atendimento por coleta e tratamento dos efluentes gerados naquele período era de 20%, ou seja, apenas 11.662 municípios tem o seu esgoto gerado no município devidamente coletado e transportado para posterior tratamento. Para melhorar essa situação, a cidade conta com uma ETE domésticos em operação. Essa foi herdada pela instituição através do repasse do sistema pela Prefeitura Municipal no ano de 2016, além de outras infraestruturas que estão em processo de conclusão para a ampliação da cobertura de coleta dos efluentes.



### 3.1.2. Caracterização da Estação de Tratamento de Efluentes

Compreendido no memorial descritivo fornecido pela empresa Y, complementado pelas visitas técnicas realizadas para o desenvolvimento das atividades, a ETE em estudo atende sete bairros, integrando as sub-bacias 02, 03 e 05 do Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) do município X. O SES é composto por aproximadamente 50.108 metros de rede coletora e três EEE. A ETE foi projetada para atender uma vazão máxima de 53 L/s, considerando uma vazão média de 46 L/s (Figura 2).

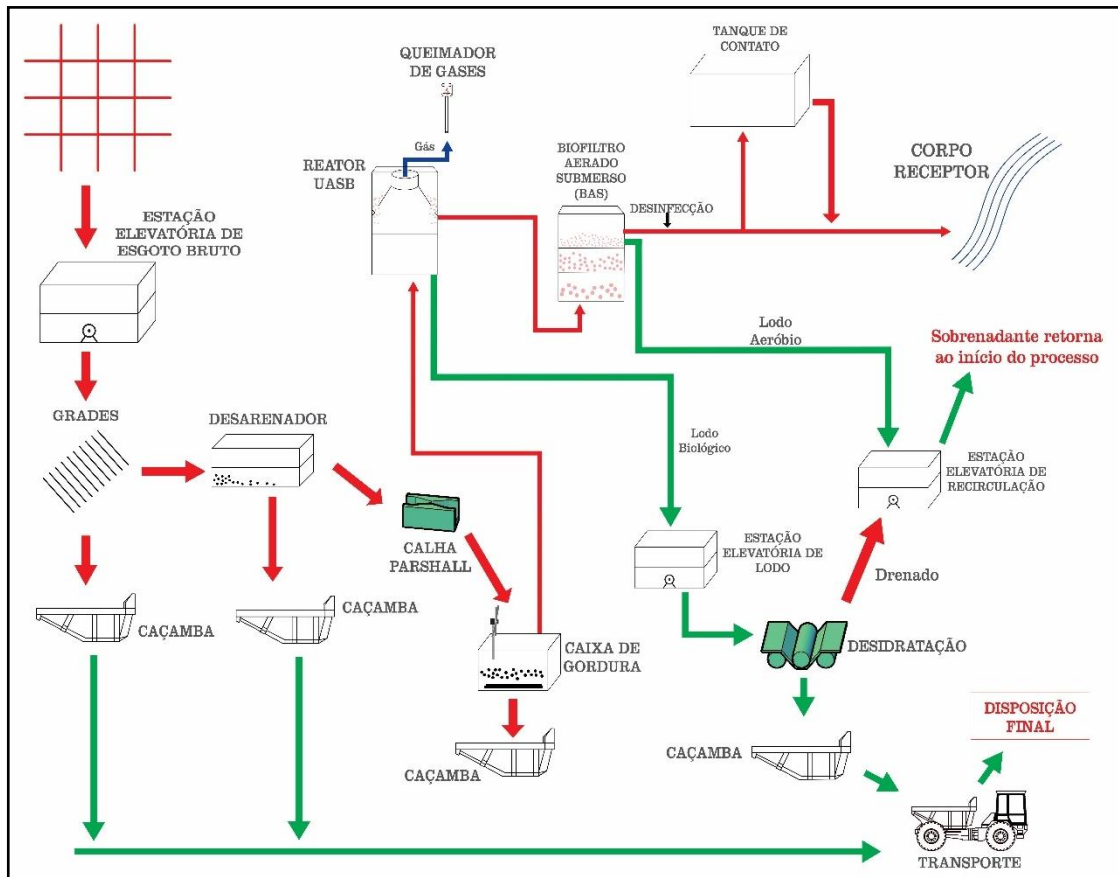
Figura 2 - Estação de Tratamento de Efluentes.



Fonte: Empresa, 2018.

De forma detalhada, seu sistema de tratamento de efluentes pode ser observado na Figura 3:

Figura 3 - Estação de Tratamento de Efluentes Domésticos.



Fonte: Empresa Y, 2018.

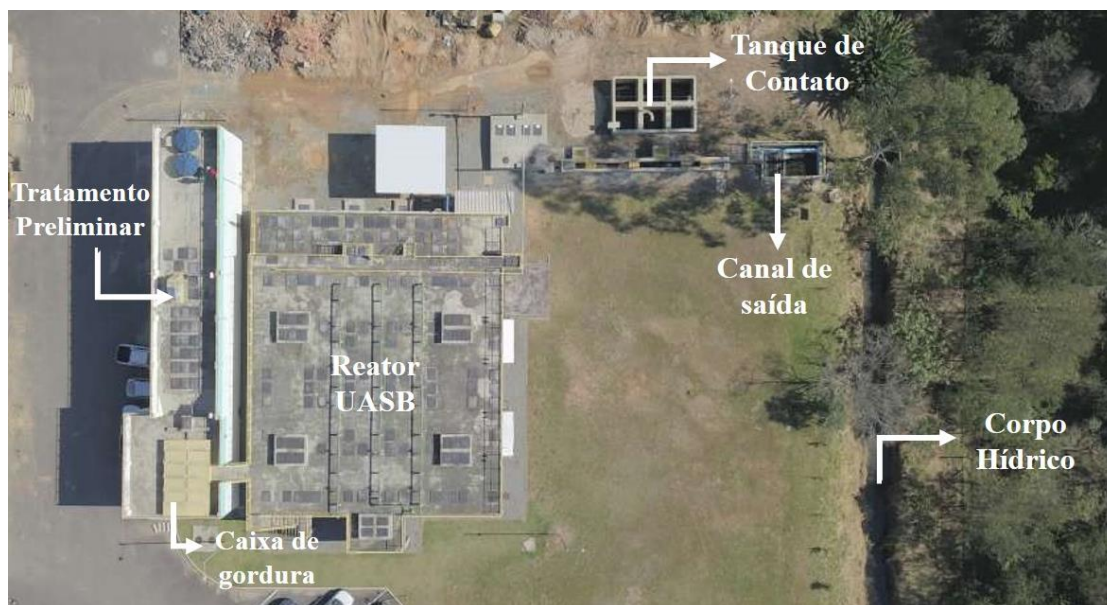
O efluente a ser tratado chega na ETE e é enviado diretamente para o tratamento preliminar, onde o esgoto passa pelas grades grossas e finas do sistema a fim de remover os sólidos grosseiros, seguindo posteriormente para o canal desarenador composto por três canais em paralelo com funcionamento alternado. Como última etapa da fase preliminar, o efluente passa pela Calha Parshall para medição de vazão e segue para a caixa de gordura.

Seguindo o tratamento, o esgoto é encaminhado para a fase de tratamento secundário percorrendo inicialmente pelo reator UASB. No reator UASB o efluente é dividido em 16 vazões iguais que vão até o fundo do reator através de uma tubulação e passam, por meio de fluxo ascendente, pela camada biológica de bactérias anaeróbias. O efluente tratado é coletado no topo do reator UASB e encaminhado até o Biofiltro Aerado que é composto por um tanque preenchido de material poroso.

Na última etapa do tratamento, o efluente segue até o tanque de contato (fase terciária), onde há a desinfecção através da adição de hipoclorito de sódio líquido. Após a desinfecção o

efluente é encaminhado a um tanque final, onde é lançado ao corpo hídrico. O conjunto da estação de tratamento pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 - Componentes da Estação de Tratamento.



FONTE: Empresa Y, 2018.

### 3.2. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

Para a realização deste trabalho, foram realizadas visitas ao local da ETE em questão para a avaliação da estrutura física e também da eficiência do sistema. Também foi necessário a realização de entrevistas com os técnicos que operam e estão diariamente envolvidos no sistema de tratamento para se conhecer os problemas que afetam a estação assim como os serviços prestados no dia-a-dia deles.

No objetivo de avaliar a ETE no que diz respeito às eficiências tanto de remoção quanto da qualidade do efluente tratado, foram analisados os dados de monitoramento realizados periodicamente em 2018.

### 3.3. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE LODO

Para realizar a estimativa de lodo gerado na ETE, teve-se como dados base as informações obtidas através das planilhas de controle de análises disponibilizadas pela empresa Y. As equações utilizadas para o cálculo são descritas por Andreoli, Von Sperling e Fernandes (2014) e apresentadas a seguir:

Equação 1 - Produção de Sólidos UASB.

$$P_{lodo} = Y \times CO_{DQO}$$

Onde:

$P_{lodo}$ : produção de sólidos no sistema (kg/SST/d);

$Y$ : coeficiente de sólidos no sistema (kgSST/kgDQO<sub>aplicada</sub>) usualmente na ordem de 0,10 a 0,20 kgSST/kgDQO<sub>aplicada</sub>;

$CO_{DQO}$ : carga de DQO aplicada ao sistema (kg.DQO/dia).

Equação 2 - Produção Volumétrica de Lodo.

$$V_{lodo} = \frac{P_{lodo}}{Y \times C_{lodo}}$$

Onde:

$V_{lodo}$ : produção volumétrica de lodo (m<sup>3</sup>/d);

$\gamma$ : massa específica do lodo (usualmente na ordem de 1020 a 1040 kg/m<sup>3</sup>);

$C_{lodo}$ : concentração do lodo (%);

### 3.4. PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A avaliação da produção de biogás foi calculada a partir das fórmulas apresentadas por Chernicharo (2016) e são demonstradas a seguir:

Equação 3 - Parcela de DQO Convertida em Gás Metano.

$$DQO_{CH_4} = Q \times (S_0 - S) - Y_{obs} \times Q \times S_0$$

Sendo:

$DQO_{CH_4}$ : carga de DQO convertida em metano (kgDQO<sub>CH<sub>4</sub></sub>/d);

$Q$ : vazão de esgoto afluyente (m<sup>3</sup>/d);

$S_0$ : concentração de DQO afluyente (kgDQO/m<sup>3</sup>);

$S$ : concentração de DQO efluente (kgDQO/m<sup>3</sup>);

$Y_{obs}$ : coeficiente de produção de sólidos no sistema, em termos de DQO (0,11 a 0,23 kgDQO<sub>lodo</sub>/kgDQO<sub>apl.</sub>).

Equação 4 - Conversão da Massa de Metano em Produção Volumétrica.

$$Q_{CH_4} = \frac{DQO_{CH_4}}{f(T)}$$

Sendo:

$Q_{CH_4}$ : produção volumétrica de metano ( $m^3/d$ );

$f(T)$ : fator de correção para a temperatura operacional do reator ( $kgDQO/m^3$ ).

Equação 5 - Fator de Correção para a Temperatura Operacional do Reator.

$$f(T) = \frac{P \times K_{DQO}}{R \times (273 + T)}$$

Sendo:

P: pressão atmosférica (1 atm);

$K_{DQO}$ : DQO correspondente a um mol de  $CH_4$  (64 gDQO/mol);

R: constante dos gases (0,08206 atm.L/mol.K)

T: temperatura operacional do reator ( $^{\circ}C$ )

Equação 6 - Produção Total de Biogás.

$$Q_{biogás} = \frac{Q_{CH_4}}{C_{CH_4}}$$

Sendo:

$Q_{biogás}$ : produção volumétrica de biogás ( $m^3/d$ );

$Q_{CH_4}$ : produção volumétrica de metano ( $m^3/d$ );

$C_{CH_4}$ : concentração de metano no biogás.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1. DIAGNÓSTICO ATUAL DA ETE**

O diagnóstico da situação atual em que se encontra a ETE foi realizado através de levantamento de dados *in loco* e entrevistas com os operadores que trabalham no local, sobre os problemas operacionais encontrados no ambiente. Através desses comentários permitiu-se descobrir diversos problemas na estação, tanto no que diz respeito aos aspectos de concepção e estrutura física, quanto no aspecto operacional da ETE. No ato da conversa com os servidores, o ambiente de estudo não estava amparado por qualquer tipo de contrato de manutenção dos equipamentos, seja ela dá forma preventiva ou corretiva. Todo tipo de reparo é realizado apenas pelos funcionários que se utilizam da ETE, contudo, eventuais demandas são realizadas através de contrato de empresa especializada para cada caso.

#### **4.1.1. Situação da ETE**

##### *4.1.1.1. Tratamento Preliminar*

Os problemas iniciam-se na EEE bruto, onde o cesto de retenção de sólidos não está funcionando corretamente. Além disso o sistema de direcionamento do efluente para o cesto está instalado de maneira errônea, de forma que nessa etapa tem-se acumulação de sedimentos no fundo da elevatória, mais precisamente em torno da bomba (Figura 5). Esse tipo de situação pode acarretar em diversos problemas, como a abrasão dos equipamentos de bombeamento, incrustações nas tubulações e em componentes da ETE. A remoção dos resíduos da elevatória atualmente é realizada através de recipientes plásticos (baldes) e uma talha elétrica, e o material retirado vai para uma caçamba estacionária.

Figura 5 – Acúmulo de Sedimentos na Estação Elevatória de Efluentes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Outra etapa do tratamento preliminar que apresentava problemas era no gradeamento, composto por uma grade mecanizada. O mesmo não estava em funcionamento por estar danificada, dessa forma não era possível realizar a remoção automatizada dos sólidos aderidos a grade. A limpeza nesse caso era realizada manualmente pelos operadores da ETE. Contudo, no momento da realização desse estudo, a grade mecanizada recebeu a devida manutenção e está em funcionamento normalmente. Porém ela deve estar em constante observação e manutenção devido ao rompimento de anéis laterais que compõe a grade (Figura 6).

Figura 6 - Gradeamento Mecanizado e Anéis Laterais Rompidos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Na calha Parshall existe um ressalto hidráulico antes do marcador que realiza a medição de vazão. Por conta desse fato, pode-se afirmar que a calha Parshall não realiza uma medição de vazão precisa e tão pouco confiável, ou seja, a quantidade de vazão que entra na ETE é diferente do que a está marcando na calha (Figura 7). Dessa forma, a medição imprecisa implica em um não controle de fluxo do efluente, podendo influenciar em outros parâmetros que são calculados a partir desse dado.



Figura 7 - Ressalto na Calha Parshall do Tratamento Preliminar.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Já a caixa de gordura não está sendo utilizado de maneira correta, pois o sistema de geração de microbolhas não foi instalado, e conseqüentemente, os raspadores que realizam a remoção do material flotado não estão em funcionamento. Dessa forma, toda a gordura que entra no sistema acaba sedimentando ao invés de flotar, tornando essa etapa simplesmente em um tanque de acúmulo de lodo, e o único meio de retirada desse lodo do fundo do tanque é através de caminhão limpa fossa (Figura 8).

Figura 8 - Caixa de Gordura Não Utilizada.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Esses problemas acabam afetando as etapas subsequentes do sistema de tratamento, principalmente a etapa relacionada ao reator UASB.

#### *4.1.1.2. Tratamento Secundário*

##### *4.1.1.2.1. Reator UASB ou RAFA*

Uma das falhas encontradas nessa etapa é oriunda da fase de tratamento preliminar, onde pelo acumulo de lodo, areia e gordura provenientes da EEE bruto e caixa de gordura, respectivamente, provocam o entupimento dos vertedores do UASB, causando uma sobrecarga nos demais vertedores não entupidos que compõe o reator (Figura 9 e 10).

Figura 9 - Reator UASB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 10 - Vertedores Entupidos do UASB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Um dos equipamentos que causam bastante curiosidade por não funcionar é o sistema de quebra de espuma, que mesmo com todos os registros aberto para realizar o procedimento de quebra ele não funciona, não sendo possível realizar a quebra da espuma que se forma na

superfície do reator UASB (Figura 11). Dessa forma, todo esse acúmulo de sólidos acaba sendo enviado as etapas posteriores, interferindo negativamente em diversos componentes.

Figura 11 - Sistema de Quebra de Escuma.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O queimador de gás não está em funcionamento na ETE, onde de acordo com os operadores, esse fato pode ser existente por duas hipóteses: a primeira é de que o queimador de gás esteja danificado; a segunda é de que não há produção de gás suficiente para realizar a queima. Contudo, acredita-se que exista a produção de gás suficiente para realizar a queima, por conta das corrosões que são observadas nas etapas mais adiantes, danificando diversas estruturas e equipamentos (Figura 12).

Figura 12 - Queimador de Gás e Estruturas Danificadas pela Produção de Gás.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O lodo gerado nessa etapa é encaminhado para um canal de saída e deste vai para um tanque de acúmulo. Atualmente não há equipamentos que realizam o tratamento do lodo, sendo ele encaminhado para um aterro sanitário através de um caminhão limpa fossa.

#### 4.1.1.2.2. *Biofiltro Aerado Submerso*

Um dos principais problemas encontrado nessa etapa é a visível presença de um vazamento nos fundos de um dos tanques. Este tanque no momento está isolado, pois se percebe nitidamente o escape do efluente entre as camadas que compõe o concreto para a parte externa. Porém em dias chuvosos, este tanque acaba sendo preenchido por água, de forma que os operadores da ETE não sabem explicar tal situação (Figura 13). Existe outro tanque que está iniciando o mesmo processo de ruptura do concreto, porém de maneira mais lentamente. Esse cenário acaba afetando na eficiência do sistema, pois a falta de um tanque acaba sobrecarregando os demais, tendo que diminuir o volume de tratamento.

Ainda, um fator que diminui a eficiência de tratamento do sistema é o meio suporte utilizado que é composto por areia. Por ser um material leve acaba sendo carregado para a etapa

posterior por meio da calha de coleta, além de dificultar a formação da camada biológica filtrante.

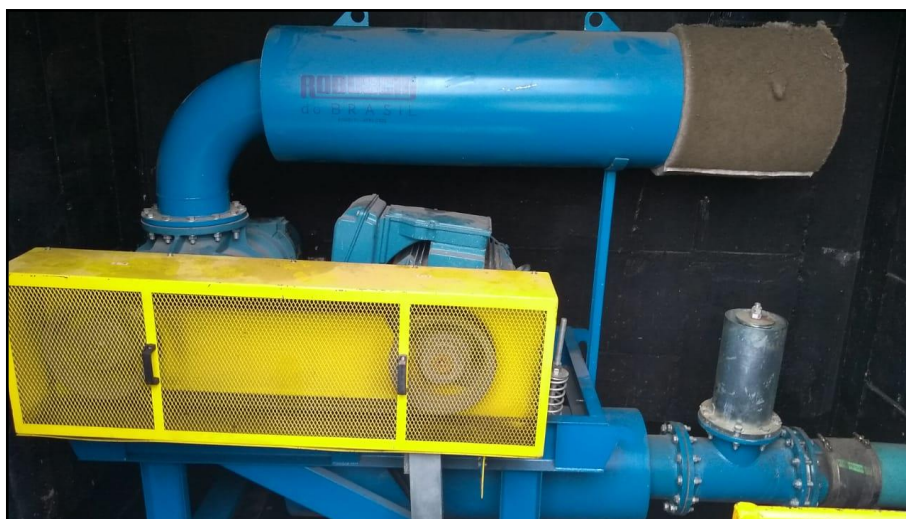
Figura 13 - Vazamento no Sistema BAS.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

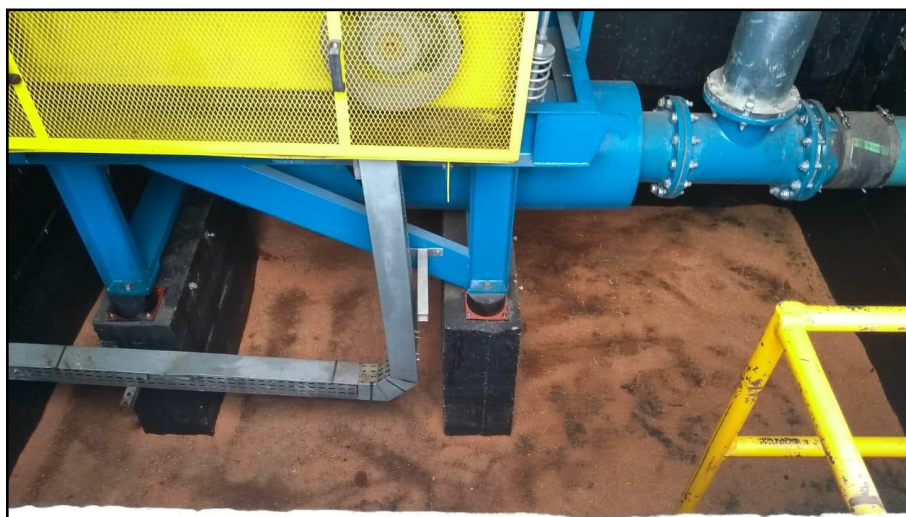
Outro fato que ocasiona transtornos para a ETE é o superdimensionamento dos sopradores de ar, que no presente momento está com o nível de Oxigênio Dissolvido (OD) em aproximadamente 8 mg/L, trabalhando em potência mínima. O mesmo se encontra em local de difícil acesso, sendo quase impossível realizar qualquer tipo de manutenção. A cabine de condicionamento do equipamento não apresenta isolamento acústico, ocasionando ruídos excessivos aos moradores que circundam a ETE e até para os próprios servidores que se utilizam do ambiente. O local de instalação do soprador não apresenta nenhum tipo de circulação de ar, fazendo com que ele superaqueça, podendo ocasionar danos prematuros ao equipamento e diminuindo a vida útil dele. Este fato ainda é agravado pelo soprador trabalhar em rotação mínima para gerar a menor quantidade de ar possível (Figura 14 e 15).

Figura 14 - Soprador de Ar Superdimensionado.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 15 - Local de Instalação do Soprador de Ar.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

#### 4.1.1.3. Tratamento Terciário

Nessa fase de tratamento é encontrado uma adversidade no que diz respeito ao tanque de contato, que tem como função realizar a desinfecção do efluente tratado através do contato entre o clarificado e o Hipoclorito de Cálcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ). Porém ele não está em funcionamento por conta do extravasamento que ocorre quando é utilizado. Esse fato ocorre devido a erro no dimensionamento do tanque, não sendo devidamente projetada para a vazão adequada da ETE (este tanque foi projetado depois do início de funcionamento da ETE). Contudo, quando

utilizado, a vazão que percorre no tanque é tão baixa que acaba acumulando os sólidos finais no fundo do tanque, gerando um lodo, além do transbordamento do efluente como mencionado. Todavia, como ele está inativo, acaba acumulando água da chuva, provocando a aglomeração de insetos naquele local (Figura 16 e 17).

Figura 16 - Tanque de Contato.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 17 - Acúmulo de Água da Chuva e Sólidos no Tanque de Contato.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.



No canal de saída, existe um registro que atualmente está aberto para direcionar o fluxo para o destino final, porém se houver necessidade de realizar a mudança de fluxo ou mesmo fechá-lo para uma manutenção, não há possibilidade. Além do local de instalação do mesmo ser apertado, profundo e de difícil acesso, ele foi projetado junto as paredes de concreto, impossibilitando qualquer tipo manobra (Figura 18).

Figura 18 - Registro do Canal de Saída.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

#### 4.1.1.4. Problemas Gerais na ETE

Existe uma volumosa entrada de água pluvial no sistema que acaba lavando o complexo biológico agregado ao meio suporte no BAS, assim como aumenta consideravelmente a vazão do sistema nesses períodos. Em dias de chuva também ocorre a uma maior geração de espuma.

O medidor de vazão existente na EEE está totalmente descalibrado, não sendo possível realizar uma medição precisa do efluente que chega para tratamento (assim como o medidor instalado no tratamento preliminar). Já o medidor de vazão do canal de saída do clarificado é o que apresenta uma medição mais coerente, porém foi instalado de maneira errônea, ocasionando um ressalto antes da entrada da calha Parshall, sendo ele também o que apresenta maior produção de espuma em dias chuvosos.

As bombas da EEE bruto estão trabalhando em rotações descalibradas, fazendo com que o efluente não entre na ETE a todo instante, de forma que o sistema fique parado por um certo período até que a elevatória atinja o nível de acionamento da bomba e continue enviando o efluente para dentro do sistema. Isso ocasiona um choque de carga entre o efluente em tratamento com o efluente para ser tratado, além da estação está parada nesse período de “recarga” da elevatória. Também ocorre nessa ocasião a sedimentação dos sólidos na elevatória por conta do tempo que demora para encher a mesma. Dessa forma, por não haver um tanque de equalização na ETE, o controle da vazão de entrada é defasado, controlado apenas pela rotação da bomba, sendo que em períodos do dia e épocas do ano essa vazão é alterada consideravelmente.

Os registros do desarenador (Figura 19), que são utilizados para realizar o descarte da areia acumulada nesse setor, são de difícil manobra e sua vedação está comprometida (vazamento). Isso acaba interferindo nas atividades rotineiras dos operadores, assim como ocasiona acumulação de água ao invés de sólidos na caçamba estacionária.

Figura 19 - Registros do Desarenador.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

As tampas de alumínio espalhadas por todo a estação, com intuito de vedar o sistema e realizar inspeções periódicas nos setores operacionais, estão danificadas por conta das ações climáticas e do desgaste do tempo (Figura 20). Isso implica em possíveis acidentes aos servidores que se utilizam do local e também podem provocar infiltrações de águas da chuva para dentro do sistema.

Figura 20 - Tampas de Alumínio do Sistema Danificadas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Os amostradores de lodo (Figura 21), que tem como objetivo realizar o descarte do lodo e posteriormente levá-los ao tanque de acúmulo de sólidos, estão desalinhados com a entrada do canal para descarte. Ou seja, caso for aberto o registro para descarte, parte desse lodo seria despejado sobre o solo e não diretamente para dentro do canal.

Figura 21 - Amostradores de Lodo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Não há manômetros para realizar o controle de ar dispersado pelos difusores na etapa de funcionamento do BAS, assim como não há controle desse ar para o sistema de retro lavagem. Com isso fica dificultado o controle de ar que está sendo mandado para esse setor, prejudicando o tratamento do efluente.

Existem torneiras na estação que teriam como papel fundamental o auxílio para a limpeza de demandas diversas do sistema. Porém as mesmas não estão em funcionamento por que a água não chega até o local, sendo difícil realizar as atividades. Dessa forma, os operadores necessitam se deslocar até outro setor em busca d'água para realizar as necessidades diárias.

## 4.2. SUGESTÕES PARA MELHORIAS NA ETE

### 4.2.1. Situação da ETE

#### 4.2.1.1. *Tratamento Preliminar*

Para o problema citado na ETE bruto, tem-se como medida imediata de solução a substituição do atual cesto de retenção dos sólidos, por um novo. Outra medida que pode ser

tomada, só que de maneira provisória, é a realização de uma inclinação na base da elevatória, fazendo com que os sólidos que venham a acumular em torno da bomba se acumulem em um único ponto, facilitando a remoção do mesmo posteriormente. De acordo com o Manual de Projetos de Saneamento (SANEPAR, 2014) da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), deve-se:

- Projetar a entrada de esgoto no poço de sucção de modo que haja quebra de velocidade na entrada, por meio de tubo ou de anteparo;
- Projetar a entrada do esgoto no poço de sucção de modo a permitir uma distribuição equitativa da vazão para as bombas evitando vórtices, sedimentação e caminhos preferenciais;
- O fundo do poço de sucção, deve ser inclinado em relação ao ponto de saída para facilitar a limpeza, sendo que a inclinação deve ser feita na própria laje, não existindo enchimentos (SANEPAR, 2014).

Essa medida de realização da inclinação do fundo da elevatória seria uma forma preventiva caso o cesto de retenção de sólidos venha a falhar novamente. Essa atitude também é válida caso o direcionamento do efluente para dentro do cesto provoque alguma falha.

A solução encontrada para a grade mecanizada é a substituição contínua dos anéis laterais que sofreram rompimento por novos. Uma maneira de evitar esse tipo de situação é realizar a contratação desses tipos de equipamentos através de empresas conhecidas no mercado. Isso pode ser feito no ato da elaboração da Especificação Técnica (ET) para compra do produto. Como a legislação não permite priorizar determinada empresa no processo de licitação informando o nome do produto da empresa de uma determinada Indústria, deve-se então descrever de forma minuciosa no ET o modelo de referência do equipamento. Além disso, a Rede de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (ReCESA) traz através do seu Guia para Treinamento de Profissionais em Esgotamento Sanitário Nível 1 (SNSA, 2008), referente a questões de Operação e Manutenção de Sistemas Simplificados de Tratamento de Esgotos, um protocolo operacional e de limpeza das grades mecanizadas, que dentre todos os pontos abordados no guia, se encaixa nessa situação os seguintes itens:

- Inspeccionar o correto espaçamento e paralelismo das barras;
- Detectar ruídos estranhos nos mecanismos móveis, como motores, redutores e mancais de rolamento;
- Verificar se as partes móveis encontram-se devidamente lubrificadas.

Esse protocolo visa manter a vida útil do equipamento através de medidas corretivas e preventivas, assim como diminuir os custos com manutenções.

O ressalto hidráulico que ocorre antes do marcador que realiza a medição de vazão pode ser solucionado com a construção de um canal retangular que antecede a calha. Esse canal deve ter um comprimento considerável para que o fluxo de esgoto se mantenha constante antes de entrar no medidor, se mantendo laminar e evitando o máximo de turbulência. Segundo a AgE Tecnologias (2018), para que se tenha uma instalação correta do equipamento e também realizar os cuidados mínimos para o bom funcionamento do mesmo, deve-se:

- Ser instaladas em canais de seção retangular, igual a dimensão da calha, abertos, quando necessário prevendo a montante dos mesmos artifícios de regulação de fluxo para garantir a vazão laminar do caudal na seção do canal;
- O equipamento deve ter o mesmo nível dos canais de jusante e de montante;
- Comprimento mínimo do canal a montante da calha: no mínimo 20 vezes a altura máxima da lâmina d'água do canal de instalação;
- No canal é indicado revestimento externo com argamassa ou concreto, para garantir o alinhamento perfeito do canal com a calha e permitir a leitura confiável da vazão do caudal.

Tem-se como método para cessar o erro ocasionado na caixa de gordura a instalação do sistema de geração de microbolhas. A instalação desse sistema apresenta diversas vantagens, isso por que o ar aplicado no efluente promove a oxigenação até a sua saturação, permitindo um controle e remoção dos compostos que são provedores de odores e gases dissolvidos nas águas residuárias. Neste caso, o sistema de ingestão de ar é de fundamental importância pelo fato de terem alta capacidade de dissolução de oxigênio no efluente, facilitando a remoção das impurezas (RUBIM, 2013). Contudo, deve-se realizar um estudo para que seja transferido para o líquido a quantidade de ar e o tamanho das bolhas de maneira apropriada, permitindo que o contato entre elementos indesejáveis e o ar realizem uma boa flotação.

#### 4.2.1.2. *Tratamento Secundário*

##### 4.2.1.2.1. *Reator UASB ou RAFA*

Conforme apresentado anteriormente, os problemas com entupimento dos vertedores do reator UASB podem ser resolvidos na etapa que antecede a fase secundária, ou seja, no tratamento preliminar, mais precisamente na caixa de gordura. O não funcionamento correto da caixa e o arraste dessa gordura para as etapas posteriores pode ocasionar diversas consequências negativas aos componentes da ETE, principalmente em canalizações e diversos orifícios.

Conforme a Hidro Z (2018), a caixa de gordura tem como função coletar e armazenar resíduos gordurosos, onde dessa forma, se torna um material de fundamental importância para as ETE's. No entanto, se o efluente que apresenta gordura não for tratado, essa gordura acaba se solidificando e incrustando nas paredes das tubulações, promovendo a obstrução da mesma através da aglomeração de dejetos desagradáveis. Porém as manutenções e, principalmente as limpezas constantes, devem ser mantidas de forma que os vertedores estejam em bom estado de funcionamento.

Diante do problema apresentado sobre o sistema de quebra de espuma nos reatores UASB e por não haver tempo hábil para um estudo mais aprofundado da causa do problema encontrado, tem-se como solução imediata a substituição desse sistema por um dos dois outros sistemas apresentados por Chernicharo (2016). Destes sistemas citados, a primeira solução são calhas coletoras no interior dos separadores trifásicos que realizam a retirada da espuma através da remoção hidrostática, podendo ocorrer pelo aumento da pressão do biogás como também pela sua redução. A segunda solução utiliza escotilhas de fechamento hermético do separador trifásico para realizar a remoção da espuma, podendo ser acessada através da laje superior do reator. Neste caso a remoção da espuma pode ser realizada manualmente, porém isso só deverá ser feito se a quantidade de espuma presente for relativamente pequena e de forma que essa operação se encaixe dentro da rotina operacional da ETE. A implantação desse sistema varia de acordo com o tipo de espuma presente no UASB, sendo a primeira solução para uma espuma mais líquida, e a segunda solução para uma espuma mais sólida.

Para avaliar a situação em que se encontra o queimador de gás, deve-se quantificar a produção de biogás gerado na etapa do reator UASB. Como não se tem valores confiáveis e reais do sistema, irá ser calculado hipoteticamente o que pode estar acontecendo na ETE, porém com o máximo de informações reais da estação. De acordo com Chernicharo (2016), a taxa mínima de liberação de biogás, em relação a parâmetros e critérios de dimensionamento para reatores UASB em tratamento de esgotos domésticos, é de  $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{h}$  para realizar a queima. Para realização dos cálculos foi utilizado a vazão média projetada na ETE (já que não existe uma vazão confiável de entrada de efluente na ETE) e para as concentrações afluente e efluente de DQO foram utilizadas a média dos valores de acordo com dados de análises fornecidos pela empresa Y sobre a estação. Ainda, conforme autor citado acima, o coeficiente de produção de sólidos pode variar entre 0,11 a 0,23, dessa forma, foi calculado os extremos para ver qual será a maior e a menor produção de biogás da estação, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 - Carga de DQO Convertida em Metano (kgDQOCH<sub>4</sub>/d).

<b>Maior Produção de Biogás</b>	632,43
<b>Menor Produção de Biogás</b>	451,19

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Aplicando o fator de correção para a temperatura operacional do UASB, sendo a temperatura do esgoto utilizada no reator de 23°C (considerando a do mês mais frio), conforme proposto por Chernicharo (2016), chegasse ao valor de fator de correção de 2,63 kgDQO/m<sup>3</sup>.

Para finalizar, há necessidade de converter a massa de metano em produção volumétrica, onde pretendesse alcançar a produção de metano do sistema. Sendo assim os valores convertidos são expressos na Tabela 2:

Tabela 2 - Produção Volumétrica de Metano (m<sup>3</sup>/d).

<b>Maior Produção de Biogás</b>	240,47
<b>Menor Produção de Biogás</b>	171,56

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Por fim, uma vez obtida a produção teórica de metano, pode-se estimar a produção total de biogás. Os teores de biogás são geralmente da ordem de 70 a 80%. Para estimar esse valor será utilizado a média aritmética das porcentagens citadas, ou seja, 75% (Tabela 3):

Tabela 3 - Produção Volumétrica de Biogás (m<sup>3</sup>/d).

<b>Maior Produção de Biogás</b>	320,63
<b>Menor Produção de Biogás</b>	228,75

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

De acordo com o material disponibilizado pela empresa Y, a área referente ao reator UASB é de 424,36 m<sup>2</sup>. Sendo assim a produção volumétrica de biogás será conforme descrito na Tabela 4:

Tabela 4 - Produção Volumétrica de Biogás por Área do reator UASB (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.h).

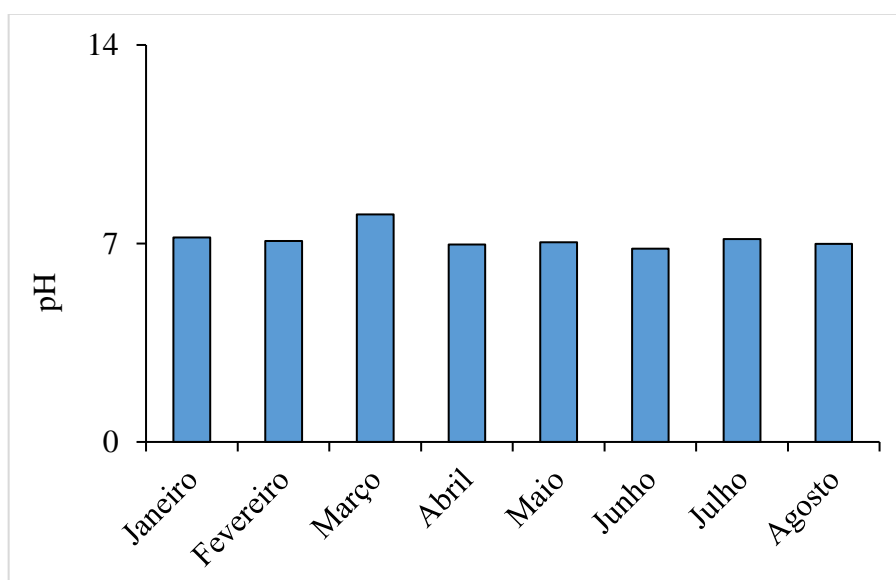
<b>Maior Produção de Biogás</b>	0,03125
<b>Menor Produção de Biogás</b>	0,0225

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.



Comparando o resultado obtido nos cálculos com a taxa apresentada por Chernicharo (2016), pode-se dizer, de maneira superficial, que o queimador de gás não realiza a queima do biogás em função da baixa produção do mesmo. Esse fato ainda pode ser mais expressivo por conta de o pH estar em faixa ótima para as bactérias metanogênicas (Figura 22). Segundo BGS Equipamentos (2014), “A atividade das bactérias metanogênicas, produtoras de biogás, tem um rendimento ótimo na faixa de pH entre 6,6 e 7,4. Valores abaixo de 6,0 ou acima de 8,0 diminuem consideravelmente a produção do biogás, podendo inibir por completo a produção de biogás”. Ainda complementa a mesma referência, “Pode-se observar em alguns casos que mesmo com o pH muito ácido ou muito básico há produção de biogás pelo biodigestor, mas não ocorre a queima”.

Figura 22 - Valores de pH no Reator UASB.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Já a corrosão que ocorre em algumas etapas de tratamento prejudicando estruturas e equipamentos, pode ser explicada pela temperatura presente no reator UASB. De acordo com os dados do controle de análises disponibilizados pela empresa Y, não havia qualquer indicação de temperatura, tanto para o reator, quanto para qualquer outra etapa do tratamento. Segundo Chernicharo (2016, p. 202), “Quanto mais baixa a temperatura operacional do reator, maior será a quantidade relativa de sulfeto dissolvida na massa líquida. Ao contrário, quanto mais elevada a temperatura, menor a quantidade de sulfeto dissolvida e maior a quantidade liberada para a fase gasosa”. Dessa forma, deve-se observar a temperatura presente no reator, assim como o pH, pois ele controla a quantidade de sulfeto produzida no meio. Ainda conforme

Chernicharo (2016, p.202), “Quanto mais baixo o pH operacional do reator, maior será a quantidade relativa de sulfeto na forma não dissociada ( $H_2S$ ), que poderá ocasionar problemas de toxicidade e corrosão”. Contudo, deve-se realizar um estudo para verificar a quantidade de sulfeto presente no efluente, como também a sua produção corrosiva em função dos parâmetros citados, de forma a operar o reator sem danos ao sistema.

#### 4.2.1.2.2. *Biofiltro Aerado Submerso*

A resposta para o problema encontrado, em relação a ruptura do concreto nas paredes do tanque do BAS, é simplesmente a realização do reparo da fissura, a fim de promover a estanqueidade do efluente para fora do BAS, de modo ao tanque retomar suas atividades o quanto antes para que não ocorra mais a sobrecarga sobre os outros tanques e o fluxo de tratamento volte ao normal. Contudo, essa solução deve ser avaliada junto ao setor de Engenharia da empresa Y para que seja realizado um estudo mais aprofundado sobre a ocorrência do caso, já que existe outro tanque iniciando com o mesmo problema.

Em relação ao superdimensionamento dos sopradores de ar, deve-se primeiramente calcular a quantidade atual de ar que é enviada para o meio suporte. De acordo com a NBR 12.209/2011 a taxa mínima de aeração, distribuída de maneira uniforme, deve ser no mínimo de 30  $N.m^3/kgDBO$  aplicada ( $N.m^3$  pode ser considerado como  $m^3$ , pois essa conversão varia conforme altitude do local). Conforme citado na fase de diagnóstico da ETE, a aplicação de ar é de 8  $mg/L.ar$  (125  $m^3ar/kgDBO$ ), sendo esse valor relacionado com os valores de DBO de entrada no BAS. Com isso a Tabela 5 mostra os valores alcançados empiricamente, já que não se sabe exatamente os valores de entrada no BAS. Para isso teve-se que estipular uma porcentagem de remoção de DBO na etapa anterior de tratamento, que segundo Von Sperling (2014) a remoção de DBO é em torno de 60 a 75% em reatores UASB (valor utilizado de 70%).

Tabela 5 - Vazão de Ar Mínima e Atual no BAS.

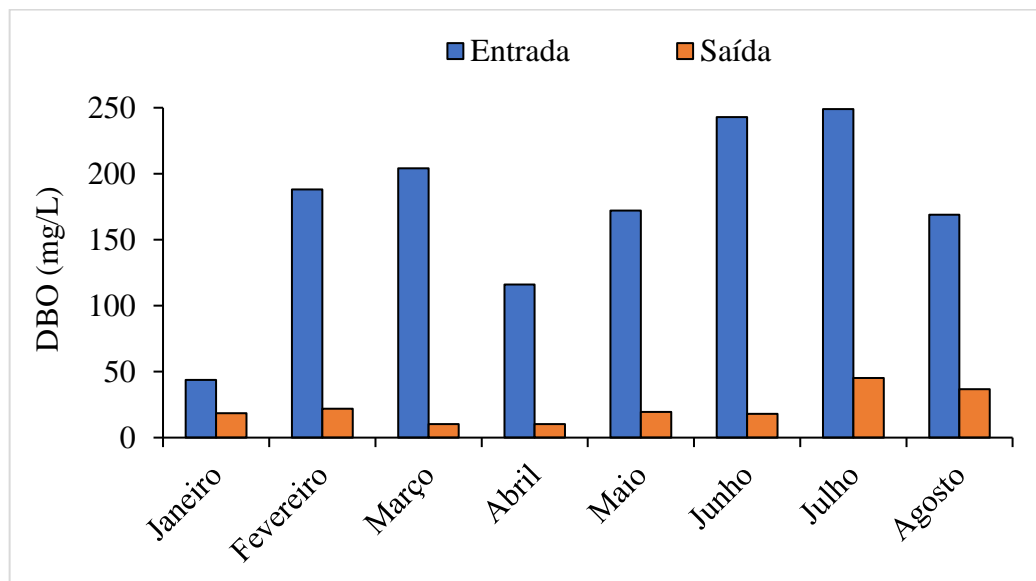
	<b>Valor Médio de DBO (<math>kg/m^3</math>)</b>	<b>Vazão Aproximada da ETE (<math>m^3/h</math>)</b>	<b>Taxa de Aeração (<math>Nm^3ar/kg DBO</math>)</b>	<b>Vazão de Ar Necessária (<math>m^3/h</math>)</b>
<b>Produção Atual de Ar</b>	21	4,5	125	42,525
<b>Produção Mínima de Ar</b>	21	4,5	30	10,206

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Esse valor de produção de ar está aproximadamente 4 vezes acima da taxa mínima de aeração, fazendo com que os valores de DBO de saída tenham uma eficiência baixa (Figura 23), por conta do carreamento desses sólidos para a etapa posterior. Portanto acreditasse que a maior parte da remoção ocorre no UASB. Dessa forma tem-se como solução melhorar o dimensionamento dos sopradores instalados atualmente, como também realizar um estudo mais aprofundado da quantidade de ar fornecido para o meio suporte. Esse problema ainda pode ser agravado pelo fato de o meio suporte atual ser basicamente composto por areia, promovendo uma baixa aderência dos microrganismos no meio filtrante. Segundo Lima (2006) o meio suporte deve promover a função de servir para fixação dos microrganismos e reter os sólidos suspensos que estão no efluente. Menor será a capacidade de retenção de sólidos se menor for a superfície específica disponível para fixação dos microrganismos.

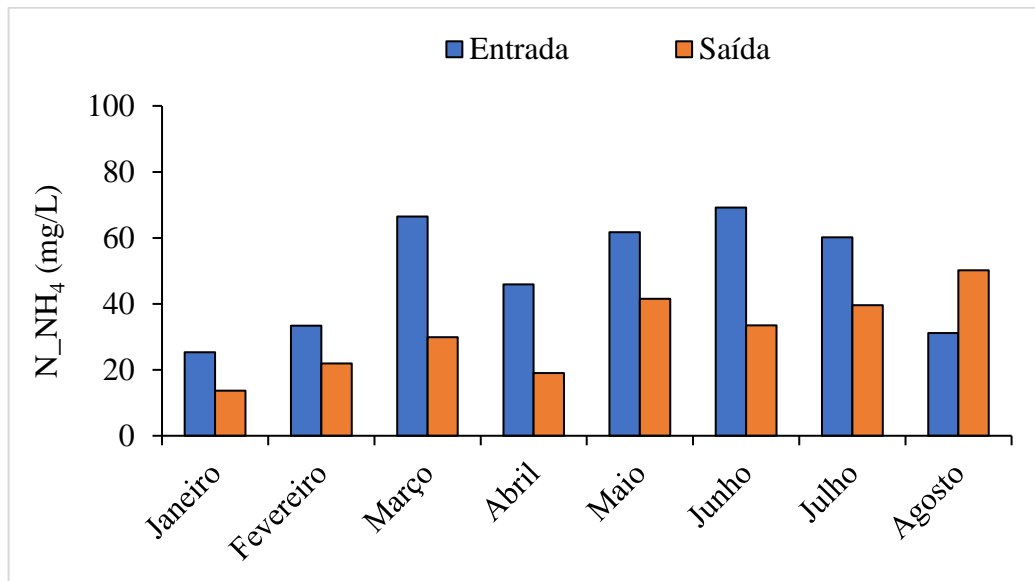
Este cenário pode ser observado na Figura 24, onde os valores de nitrificação também são prejudicados por conta do meio suporte escolhido para o tratamento.

Figura 23 - Valores de Entrada e Saída de DBO.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Figura 24 - Concentração de Nitrogênio Amoniacal na Entrada e Saída da ETE.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Por conta desse fato, o meio suporte mais indicado para o caso é o de pedra britada de granulometria número 4 (entre 5 e 8 cm) e com índice de vazios de aproximadamente 50% (JORDÃO E PESSOA, 1995, apud ALMEIDA, 2007). A escolha desse material é em função da relação custo-benefício que ele pode desempenhar, além de ser um material já conhecido no mercado para realizar essa função de meio suporte, como cita Almeida (2007, p. 29), “Embora nos países desenvolvidos exista uma tendência de substituição e utilização de materiais de elevado peso específico por materiais sintéticos, em países em desenvolvimento o uso de materiais como escória de alto-forno e pedra britada ainda é predominante”.

#### 4.2.1.3. Tratamento Terciário

A solução proposta para o tanque de contato é o dimensionamento adequado para que se possa utilizá-lo. Na Tabela 6 pode ser observado o resultado encontrado de acordo com a metodologia utilizada por Jordão e Pessoa (2011) e adaptado de acordo com as condições presentes no estudo.

Tabela 6 - Dimensionamento do Tanque de Contato.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
<b>Tempo de Detenção</b>	30 min (adotado)
<b>Chicanas</b>	4 (adotado)
<b>Espaçamento entre chicanas</b>	1,25 m
<b>Relação Extensão Total/Largura (Entre Chicanas)</b>	10:1
<b>Extensão Total do Escoamento</b>	12,5 m
<b>Comprimento do Tanque</b>	3,13 m
<b>Área Total</b>	25 m <sup>2</sup>
<b>Profundidade Útil</b>	3,82 m
<b>Borda Livre</b>	0,18 m (adotado)
<b>Profundidade Total</b>	4 m

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Em relação ao registro instalado no canal de saída, deve-se redimensionar a caixa onde encontra-se o mesmo conforme o tamanho adequado para registro, sem que ele seja impedido de realizar sua função. Dessa forma os operadores da ETE podem realizar operações importantes, como mudança de fluxo e limpeza de um setor. Esse fato também deve ser informado ao setor de Engenharia da empresa Y para que possa dar as devidas providências cabíveis em relação a esse fato.

#### 4.2.1.4. Problemas Gerais na ETE

A solução encontrada para os problemas de entrada de água no sistema é realizar a melhoria e a manutenção dos equipamentos que devem realizar o isolamento das fases de tratamento, principalmente as tampas de alumínio que estão danificadas. Segundo Vieira (2016), quando há presença de águas pluviais, somado ao efluente sanitário, acaba afetando o tratamento do esgoto, forçando a ETE tratar esse licor misto mais rápido. Isso implica em um despejo *in natura* em manancial fora dos padrões estipulados pelas normas. Já quando se trata da espuma gerada nesses dias chuvosos, deve-se ter um estudo mais aprofundado em relação a concentração de surfactantes presente no efluente. De acordo com a Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) em Relatório de Fiscalização Específica (ARSI, 2014)

realizada pela Agência Reguladora de Saneamento Básico e Infraestrutura Viária do Espírito Santo (ARSI), a turbulência ocasionada no efluente, associada a presença de compostos surfactantes provenientes de uso de detergentes e outros produtos domésticos para limpeza que são de uso comum, são as possíveis causadoras das espumas produzida.

A adversidade encontrada no medidor de vazão da EEE pode ser resolvida através de uma simples calibração do equipamento. O objeto deve ser encaminhado a uma empresa especializada e conhecida no mercado para que não ocorra falhas na manutenção do material. Conforme Firmino (2018), “Manutenções preventivas costumam gastar até 30% menos do tempo que seria gasto em uma manutenção corretiva. Isso significa um menor tempo de parada das máquinas e equipamentos, garantindo que a produtividade quase não seja afetada no processo”. Ainda, segundo o mesmo autor, as manutenções preventivas evitam que os equipamentos trabalhem com algum tipo de falha até suspender o seu funcionamento, onde muitas vezes pode ser irreversível. Por conta disso, deve-se ter um controle de calibragem para que esse tipo de equipamento seja encaminhado com frequência a assessoria, evitando transtornos futuros. Já para o medidor de vazão instalado no canal de saída, pode-se realizar o mesmo processo de solução para o medidor de vazão do tratamento preliminar, assim como realizar a análise para verificar as características do efluente sendo tratado em função da geração de espuma.

Para as bombas da EEE bruto, tem-se como solução verificar o tempo de detenção média do poço de sucção. De acordo com a NBR 12.208/1992, referente a projetos de estações elevatórias de esgoto sanitário, esse valor médio de tempo do poço de sucção não deve ultrapassar mais do que 30 minutos. Por conta desse fato deve-se ter um estudo mais aprofundado para verificar essa situação, assim como examinar o ajuste do nível de acionamento automático da bomba, pois já que a cobertura de coleta atualmente é de 20%, a EEE não recebe o efluente total para qual foi projetada. Nesse caso deve-se diminuir o nível automático de acionamento da bomba para que ela trabalhe mais vezes ao dia, evitando os diversos transtornos encontrados nessa etapa. Outro fato a se ressaltar para melhorar essa situação, é projetar um tanque de equalização na etapa de pré-tratamento da ETE. Com a construção desse componente a estação ganhará em diversas questões, principalmente em uniformizar a vazão e homogeneização do efluente, como cita AgE Tecnologias (2018), “A equalização tem objetivo de minimizar o impacto significativo causado pela variação da vazão, carga e pH nos processos subsequentes. O tanque reduz a magnitude e os efeitos dessas variações antes das etapas físico-químicas e biológicas de tratamento”.

Para os registros instalados no desarenador, segue o mesmo critério já citado anteriormente sobre manutenções preventivas e corretivas, com intuito de solucionar as falhas encontradas nessa etapa. Deve-se realizar a troca periódica dos anéis de vedação dos registros a fim de evitar os vazamentos encontrados, assim como minimizar o acúmulo de água nas caçambas estacionárias. Também é fundamental implementar uma estrutura que seja fixa e próxima aos registros, já que atual utilizada é móvel e fica distante dos mesmos, de forma que apenas um dos operadores consegue realizar a manobra. Portanto, para um estudo de concepção dessa estrutura, o setor de engenharia da empresa deve ser acionado.

As tampas de alumínio devem ser substituídas por tampas novas. Devido ao material emprega a essas tampas, é comum que elas venham a danificar com o passar do tempo em função dos fatores climáticos. Porém para diminuir esse tipo de situação, deve-se realizar a aquisição de tampas em aço inox, por apresentarem maior resistência e durabilidade em relação ao alumínio. Segundo Fernetto (2018), o aço inox destaca-se por diversas vantagens, dentre elas podem-se citar:

- Alta resistência à corrosão;
- Resistência mecânica adequada;
- Facilidade de limpeza;
- Baixa rugosidade superficial;
- Aparência higiênica;
- Material inerte;
- Facilidade de conformação e de união;
- Resistência a altas temperaturas;
- Resistência a temperaturas criogênicas (abaixo de 0 °C);
- Resistência às variações bruscas de temperatura;
- Acabamentos superficiais e formas variadas;
- Forte apelo visual (modernidade, leveza e prestígio);
- Relação custo / benefício favorável;
- Baixo custo de manutenção;
- Material reciclável;
- Durabilidade.

Para garantir a entrada correta do lodo que sai dos amostradores no canal de descarte, tem-se como método de solução, realizar o ajuste dos amostradores na parte superior (próximo ao registro), de forma a alinhar os condutos com o canal. Também é essencial promover o

prolongamento da tubulação próximo a entrada do canal, de maneira que seja parcialmente removível, para facilitar qualquer tipo de manutenção.

A instalação de manômetros para os sopradores de ar é fundamental para que haja um desempenho eficaz no tratamento, sendo ele indispensável para regulação de alguns parâmetros. De acordo com Rubim (2013), para que haja uma performance alta das etapas que se utilizam de ar, é necessário um maior investimento, manutenção e atenção operacional para que se possa realizar as condições necessárias para uma boa aeração, como controle de nível, vazão e pressão de ar. Portanto, para garantir uma boa alimentação de ar para o sistema sem que haja interferências, tanto na eficiência do tratamento como na retro lavagem, a aquisição e a instalação de um manômetro se torna indispensável nesse equipamento.

Deve-se realizar a ligação d'água nas torneiras existentes na ETE para que haja uma limpeza contínua dos sistemas de tratamento. Dessa forma tem-se diversas vantagens, como cita a Ambiental Resíduos (2018):

- Bom funcionamento da estação e eficiência no tratamento;
- Evitar transbordamentos;
- Evitar entupimentos;
- Evitar mau cheiro.

Dessa forma, é necessário buscar soluções para esse caso junto ao setor responsável pelo funcionamento da estação para que haja condições de realizar essas limpezas cotidianas.

#### 4.3. ESTIMATIVA DE GERAÇÃO DE LODO DA ETE

Para estimar a quantidade de lodo gerado na etapa do reator UASB, levou-se em consideração os cálculos apresentados por Chernicharo (2016), previamente descritos na metodologia. Os valores de parâmetros utilizados podem ser observados na Tabela 7, onde para valores de  $CO_{DQO}$  foi realizada a média aritmética dos meses de janeiro a agosto de 2018 de acordo com o documento de controle de análises disponibilizado pela empresa Y.



Tabela 7 – Parâmetros Utilizados para Cálculo da Produção de Lodo.

<b>Parâmetros</b>	<b>Valores</b>
<b>CO<sub>DQO</sub></b>	179,075 kg.DQO/dia
<b>Y</b>	0,15 kgSST/kgDQO <sub>aplicada</sub> (adotado)
$\gamma$	1030 kg/m <sup>3</sup> (adotado)
<b>C<sub>lodo</sub></b>	4%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

O resultado obtido para a produção de lodo foi de 106,74 kgSST/d. Essa produção convertida em volume é igual a 2,59 m<sup>3</sup>/d. Segundo Andreoli et al. (2006), o custo médio para disposição final do lodo em aterros é de 20 a 60 US\$/t. Na Tabela 8 pode ser observado os custos relacionados aos diferentes tipos de tratamentos de lodo. Nesse caso foi considerado um caminhão limpa fossa de aproximadamente 30 m<sup>3</sup>, sendo coletado o lodo da estação a cada 10 dias.

Tabela 8 – Custo Médio para Disposição Final em Aterro.

<b>Tecnologias</b>	<b>Custos (Mensal)*</b>
Sem Desague	14.491,05 R\$
Filtro Prensa	8.694,63 R\$
Secagem Térmica	1.449,10 R\$

\*Valores estimados para o dia 11/11/2018, segundo a bolsa de valores. Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

Os custos estimados para disposição final em aterro, considerou porcentagem de remoção de água existente no lodo. Para o filtro prensa foi considerado uma remoção de 40% e para a secagem térmica de 90% (VON SPERLING, 2001).

De acordo com os dados apresentados, pode-se observar que a implantação de um sistema de tratamento do lodo por filtro prensa ou secagem térmica se torna mais vantajoso no momento da disposição final do em aterro, fazendo com que os gastos mensais sejam diminuídos.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos fatos abordados com relação ao diagnóstico e avaliação de desempenho da ETE, pode-se observar que a estação apresenta diversos problemas, tanto de concepção do sistema quanto de controle de operação, impactando diretamente na eficiência da ETE no momento de desempenho de suas funções.

A falta de informações sobre a ETE e o acesso restrito sobre alguns dados, faz com que os dimensionamentos e os cálculos apresentados não mostrem a verdadeira realidade vivida na ETE, tornando-se apenas estudos empíricos. Entretanto, pode-se tomar como modelo os cálculos apresentados para que eles sejam substituídos pelos dados que representam a atualidade da estação.

As manutenções preventivas e corretivas na ETE, assim como a utilização de materiais e equipamentos conhecidos no mercado, se mostram aliados para o bom funcionamento de algumas etapas da estação, e por consequência, faz com que seu desempenho aumente consideravelmente.

Por se tratar de um ETE herdada pela empresa Y junta a Prefeitura Municipal, ainda se desconhece muito sobre alguns aspectos construtivos e operacionais, principalmente por parte dos servidores que realizam suas atividades diariamente. Além disso não se sabe a funcionalidade de alguns sistemas implantados, assim como a solução para casos específicos.

A baixa produção de biogás calculada do sistema garante, de certa forma, que o queimador pode não estar danificado. Porém pode-se afirmar que há escape do gás produzido para as etapas subsequentes de tratamento, fazendo com que danifique alguns equipamentos.

O ajuste do soprador de ar na etapa do BAS, juntamente com o emprego do meio filtrante correto, é indispensável para melhorar a eficiência do sistema. A compra de sopradores de menor potência é um método que pode ser tornar viável, porém deve-se realizar um estudo mais aprofundado nessa questão.

O dimensionamento correto do tanque de contato se torna muito importante quando o assunto é desinfecção do efluente tratado. Contudo deve-se haver fiscalização por parte do setor de engenharia da empresa Y no momento da execução do tanque, para que evitar erros construtivos como há atualmente.

Pode-se observar que o não tratamento do lodo gera um gasto oneroso e impactante no que condiz a questão financeira da empresa Y. Contudo o gasto inicial com esses equipamentos se torna inviável, muito por conta da porcentagem da cobertura de coleta atual. Porém,

observando essa questão a longo prazo, o equipamento se torna vantajoso em relação ao orçamento da empresa.

Todas as falhas apresentadas, de certa forma poderiam ser evitadas com a presença de um Engenheiro Sanitarista na ETE. Essa presença deve ser de maneira diária para que as falhas sejam resolvidas o mais breve possível.

Como recomendações para trabalhos futuros, buscar mais informações sobre os aspectos construtivos da ETE, assim como ter conhecimento dos parâmetros que não se encontraram para desenvolvimento dos cálculos realizados neste trabalho. Desta forma se tem uma maior aproximação com a realidade vivida na estação, como também uma maior clareza e conhecimento dos componentes da ETE. Por fim, avaliar qual o tempo de retorno financeiro para a implantação do um sistema de tratamento de lodo proposto neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGE TECNOLOGIAS. **Medidor de vazão:** calha Parshall. Disponível em: <<http://agetec.com.br/uploads/Anexos/Parshall/CalhaParshall.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Atlas esgotos:** despoluição de bacias hidrográficas. 2017. Disponível em: <<http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em: 09 ago. 2018.

AGÊNCIA REGULADORA DE SANEAMENTO BÁSICO E INFRAESTRUTURA VIÁRIA DO ESPÍRITO SANTO - ARIS. **Fiscalização Específica na Estrutura física do Prédio da ETE Pedra Azul:** relatório de fiscalização específica: RFE/DT/GRS/002/2014. Vitória: Cesan, 2014. 07 p. Processo: 65455860. Disponível em: <[https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o/Espec%C3%AAdficas/09-ETE%20de%20Pedra%20Azul/RelatorioEspecifica\\_ARSI\\_2014-002\\_ETEPedraAzul.pdf](https://arsp.es.gov.br/Media/arsi/Saneamento/Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o/Espec%C3%AAdficas/09-ETE%20de%20Pedra%20Azul/RelatorioEspecifica_ARSI_2014-002_ETEPedraAzul.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2018.

AISSE, Miguel Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgotos sanitários.** Rio de Janeiro: Abes, 2010.

ALMEIDA, Paulo Gustavo Sertório de.; CHERNICHARO, Carlos Augusto Lemos. **Efeito de diferentes tipos de meio suporte no desempenho de filtros biológicos percoladores aplicados ao pós-tratamento de efluentes de reatores UASB, com ênfase na nitrificação.** 2007. [13], 116 f., xxvii, enc. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

AMBIENTAL RESÍDUOS. **Limpeza e de ETE.** Disponível em: <<https://ambientalresiduos.com/servicos/limpeza-de-ete/>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

ANDREOLI, Cleverson Vitório; SPERLING, Marcos von; FERNANDES, Fernando (Coord). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final.** 2. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2014. 444 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias , 6). ISBN 9788542300857 (broch.).

ANDREOLI, Cleverson Vitório; SPERLING, Marcos von; FERNANDES, Fernando (Coord). **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final .** Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2001. 481 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias ; v. 6). ISBN 8588556014 (broch.).

ANDREOLI, Cleverson Vitório;. **Alternativas de uso de resíduos do saneamento.** Curitiba: Rio de Janeiro: ABES, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12.209**: projeto de estação de tratamento de esgoto sanitário: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 12 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR: 9.648**: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 5 p.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BGS EQUIPAMENTOS. **Fatores que influenciam na biodigestão**. 2014. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/fatores-que-influenciam-na-biodigestao/>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

BRAGA, Benedito. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson/Prentice Hall, c2002. 305 p.

BRASIL. **Lei nº 11445, de 5 de janeiro de 2007**. Política Nacional de Saneamento Básico. Brasília, Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm)>. Acesso em: 18 jul. 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Org.). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**: 2016. Brasília: Snis, 2018. 220 p. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2016. 379 p. (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias, 5). ISBN 9788542301724 (broch.).

COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ - SANEPAR. **Manual de projetos de saneamento**: revisão 2014: módulo 11.1: diretrizes para elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário: estação elevatória de esgoto. Curitiba: Sanepar, 2014. 74 p. Disponível em: <[http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mps-versao-2017/modulo\\_11.1\\_diretrizes\\_de\\_elevatoria\\_de\\_esgoto.pdf](http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/informacoes-tecnicas/mps-versao-2017/modulo_11.1_diretrizes_de_elevatoria_de_esgoto.pdf)>. Acesso em: 03 nov. 2018.

COSTA, Beatriz Veras. **Sistema de esgotamento sanitário**: estudo de caso: Treviso/SC. 2013. 98 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

DANTAS, Felipe von Atzingen et al. Uma análise da situação do saneamento no Brasil. **FACEF Pesquisa: Desenvolvimento e Gestão**, Franca, v. 15, n. 03, p.272-284, dez. 2012. Quadrimestral. Disponível em: <<http://periodicos.unifacef.com.br/index.php/facefpesquisa/article/viewFile/549/513>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

FARRUGIA, Beatriz. Sistemas biológicos para tratamento de efluentes. **TAE**, São Paulo, v. 1, n. 5, p.1-1, mar. 2012. Bimestral. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/edicoes.asp?link=ultima&fase=C&id=53&retorno=c>>. Acesso em: 15 out. 2018.

FERNETO. **As vantagens do aço inoxidável**. Disponível em: <<http://ferneto.com/novidades/dicas-e-ideias/as-vantagens-do-aco-inoxidavel>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

FIRMINO, Caio. **Manutenção preventiva: qual a importância de realizá-la?**. 2018. Disponível em: <<https://mfconsultoria.org/manutencao-preventiva/>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

FUNASA. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento**. Brasília: Funasa, 2015. 648 p. Disponível em: <[https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa\\_funasa\\_gov\\_br/Documents/Biblioteca\\_Eletronica/Enharia\\_de\\_Saude\\_Publica/eng\\_saneam2.pdf?slid=2f92949e-8027-6000-5a24-675ae8757d7c](https://funasa-my.sharepoint.com/personal/imprensa_funasa_gov_br/Documents/Biblioteca_Eletronica/Enharia_de_Saude_Publica/eng_saneam2.pdf?slid=2f92949e-8027-6000-5a24-675ae8757d7c)>. Acesso em: 22 maio 2018.

GONÇALVES, R. F. Aspectos teóricos e práticos do tratamento de esgoto sanitário em biofiltros aerados com leito granular submerso. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL. TENDÊNCIAS NO TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DOMÉSTICAS E INDUSTRIAIS, 1, 1996, Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. P. 128-143.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento Básico**. 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 21 maio 2018.

HYDRO Z. **A importância da caixa de gordura em sistemas de tratamento de esgotos**. 2015. Disponível em: <<http://hydroz.com.br/blog/a-importancia-da-caixa-de-gordura-em-sistemas-de-tratamento-de-esgotos/>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Manual do Saneamento Básico: entendendo o saneamento ambiental no Brasil e sua importância socioeconômica**. São Paulo: Instituto Trata Brasil,

2012. 62 p. Disponível em:

<<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/uploads/estudos/pesquisa16/manual-imprensa.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2018.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMESTICOS**. 6. ed. São Paulo: Abes, 2011.

LIMA, Ana Beatriz Barbosa Vinci. **Pós-tratamento de efluente de reator anaeróbio em sistema seqüencial constituído de ozonização em processo biológico aeróbio**. 2006. 99 f.

NEVES, Eurico Trindade. **Curso de hidráulica**. 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1974. 574 p.

OLIVEIRA, Janine Patrícia Melo et al. Saúde/doença: as consequências da falta de saneamento básico. **Intesa**: Informativo Técnico do Semiárido, Pombal, v. 9, n. 2, p.23-29, dez. 2015. Semestral. Disponível em: <<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/3592/3239>>. Acesso em: 26 jun. 2018.

PEREIRA, Karoline Francieli. **Desinfecção de efluentes sanitários**. 2013. 31 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013.

POLIDO, Lucas Henriques. **Proposta de projeto e estimativa de custos de uma estação de tratamento de esgoto para o campus Ecoville da UTFPR**. 2013. 88 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção Civil, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <[http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2152/1/CT\\_EPC\\_2013\\_1\\_23.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2152/1/CT_EPC_2013_1_23.pdf)>. Acesso em: 20 ago. 2018.

RUBIM, Cristiane. O trabalho da flotação e aeração. **TAE**, São Paulo, v. 2, n. 12, p.1-1, 04 abr. 2013. Bimestral. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/edicoes.asp?link=ultima&fase=C&id=142>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

SANTA CATARINA. **Turismo**. Disponível em: <<http://turismo.sc.gov.br/>>. Acesso em: 19 set. 2018.

SCOTTÁ, Jéssica. **AVALIAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO COM SISTEMA FOSSA E FILTRO DE UM MUNICÍPIO DA SERRA GAÚCHA**. 2015. 83 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015. Disponível em:

<<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/945/1/2015JessicaScotta.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL - SNSA(Org.). **Esgotamento sanitário**: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos : guia do profissional em treinamento : nível 1. Belo Horizonte: Recesa, 2008. 76 p. Disponível em: <<http://nucase.desa.ufmg.br/wp-content/uploads/2013/07/ES-OMSS.1.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2018.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias ; 1)

SPERLING, Marcos Von. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias ; 1)

TELLES, Jamilla Regina. **Dimensionamento de rede de esgotamento sanitário considerando o uso de diâmetros não progressivos calculados com o programa sancad**. 2014. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2014.

VICTORINO, Célia Jurema Aito. **Planeta água morrendo de sede**: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. Porto Alegre: Edipucrs, 2007. 101 p. Disponível em: <<http://www.pucrs.br/edipucrs/online/planetaagua.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2018.

VIEIRA, Bianca F. et al. **Impacto da intrusão de águas pluviais na vazão e na qualidade do esgoto tratado**. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 14., 2016. Salvador: COPEC, 2016. p. 45 - 50.

VIOLA, Heitor. **Gestão de águas pluviais em áreas urbanas**: o estudo de caso da cidade do Samba.2008. 398 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil., Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. The role of anaerobic digestion of domestic sewage in closing the water and nutrient cycle at community level. **Water Science Technologic**, v. 39, n. 5, p. 187- 194, 1999.