



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto  
Escola de Minas – Departamento de Engenharia Civil  
Curso de Graduação em Engenharia Civil

---



**Thalles Araújo Melo**

# **ANÁLISE DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE PIMENTA – MG**

Ouro Preto

2022

Análise da estação de tratamento de esgoto do município de Pimenta – MG

Thalles Araújo Melo

Trabalho Final de Curso apresentado  
como parte dos requisitos para obtenção  
do Grau de Engenheiro Civil na  
Universidade Federal de Ouro Preto.

Data da aprovação: 23/06/2022

Área de concentração: Saneamento

Orientador: Prof. Múcio André dos Santos Alves Mendes – UFOP

Ouro Preto

2022

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M528a Melo, Thalles Araujo.  
Análise da estação de tratamento de esgoto do município de Pimenta  
- MG. [manuscrito] / Thalles Araujo Melo. - 2022.  
54 f.: il.: color..

Orientador: Prof. Dr. Múcio André dos Santos Alves Mendes.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola  
de Minas. Graduação em Engenharia Civil .

1. Esgotos - Estação de Tratamento. 2. Engenharia sanitária. 3.  
Engenharia sanitária - Eficiência. I. Mendes, Múcio André dos Santos  
Alves. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 624

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Thalles Araújo Melo**

**Análise da estação de tratamento de esgoto do município de Pimenta – MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil

Aprovada em 23 de junho de 2022

### Membros da banca

Doutor Múcio André dos Santos Alves Mendes- Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Doutora Tamara Daiane de Souza - Universidade Federal de Ouro Preto  
Bacharel Tarciso Geraldo de Oliveira – Serviço Autônomo de Água e Esgoto, Município de Pimenta

Múcio André dos Santos Alves Mendes, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 26/07/2022



Documento assinado eletronicamente por **Múcio André dos Santos Alves Mendes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 26/07/2022, às 13:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0367940** e o código CRC **C9F3E328**.

*Aos meus pais e meus familiares por tornarem possível esse momento.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente à Deus por estar sempre em meu coração e nunca permitir que eu desistisse desse sonho, me dando força nos momentos mais difíceis e iluminando meu caminho.

À minha avó Neuza (in memoriam) por todos os ensinamentos, sabedoria e apoio nos momentos mais difíceis. Aos meus pais, que sempre me incentivaram e nunca mediram esforços para que eu tivesse uma boa educação e conseguisse chegar até aqui, por acreditarem em meu potencial, e por me ajudarem, mesmo que em meio às dificuldades, a concluir meus estudos. Amo vocês!

Ao professor Múcio, por ter aceito me orientar nesse estudo, pela paciência e por toda a orientação ao longo do percurso. Ao Tarciso por todo o apoio e colaboração para a execução deste trabalho.

À contribuição de todos os professores da Escola de Minas, verdadeiros mestres na arte de transmitir o conhecimento.

À eterna república Quinta Negra, lar onde fiz grandes amigos que me acolheram e ajudaram a trilhar esse caminho.

À minha namorada Mariana, por toda força, por todo apoio e todos os conselhos ao longo dessa trajetória.

## RESUMO

O saneamento básico contribui no controle de diversas doenças prejudiciais à saúde humana. Dentre os serviços que compõe o saneamento básico, o esgotamento sanitário é de extrema importância, pois afeta a qualidade dos corpos hídricos é um vetor de doenças, além de ser uma obrigação legal. Porém, nem todos os municípios mineiros possuem estação de tratamento de esgoto, e os que possuem, no geral necessitam de melhorias para processos mais eficientes de tratamento e monitoramento. Este trabalho apresenta uma análise da eficiência da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município de Pimenta, localizado as margens do reservatório de Furnas, importante manancial para as atividades turísticas, econômicas, geração de energia e para a qualidade de vida das populações que vivem no entorno do lago. Para a pesquisa foram avaliadas as análises de qualidade do efluente, os projetos de concepção e instalação da ETE, realizadas visitas técnicas no local, reuniões com os responsáveis pela gestão e operação da ETE, além de pesquisa bibliográfica sobre os sistemas de tratamento utilizados. Os resultados das análises apresentaram valores dentro dos limites exigidos pela Resolução CONAMA 430/2011, porém, inferior aos valores de remoção de matéria orgânica esperados pelo memorial descritivo. Apesar das análises apresentarem valores aceitáveis para o lançamento do esgoto tratado no corpo hídrico receptor, foi possível identificar que a qualidade final do efluente pode apresentar melhoras com o aperfeiçoamento do tratamento preliminar e a construção de um tratamento preliminar à montante da elevatória final de esgotos. O que também melhoraria a operação da ETE e reduziria os trabalhos de manutenção das etapas de tratamento. Pode-se observar ainda a necessidade de conscientização da população, tendo em vista que o não conhecimento da população sobre o tratamento de esgoto faz com que as instalações de esgotamento sanitário sejam utilizadas de maneira incorreta para o direcionamento de águas pluviais e a deposição de diferentes resíduos sólidos que acabam por prejudicar a qualidade final e dificultar a operação da ETE.

Palavras-chaves: Estação de Tratamento de Esgoto, análise, eficiência.

## **ABSTRACT**

Basic sanitation promotes the control of several diseases harmful to human health. Among the services that make up the basic sanitation, sanitary sewage is extremely important, because it is a fundamental issue to treat with priority the destination of domestic and industrial sewage, besides being a legal obligation. However, not all municipalities in Minas Gerais have a sewage treatment plant, and many of those that do, need improvements for more efficient treatment and monitoring processes. This paper presents an analysis of the efficiency of the Sewage Treatment Station (STS) in the municipality of Pimenta, located on the banks of the Furnas reservoir, an important source for tourist, economic activities, energy, generation and for the quality of life of the populations living around the lake. For the research, the analysis of the quality of the effluent, the design and installation projects of the STS were evaluated, technical visits were carried out on site, meetings with those responsible for the management and operation of the STS, and bibliographic research about the treatment systems used. The analysis results showed values within the limits required by CONAMA Resolution 430/2011, however, lower than the values of organic matter removal expected by the descriptive memorial. Although the analyses show acceptable values for the release of treated sewage into the receiving water body, it was possible to identify that the final quality of the effluent can be improved with the improvement of the preliminary treatment and the construction of a preliminary treatment upstream of the final sewage. This would also improve the operation of the STS and reduce maintenance work in the treatment stages. It was also possible to observe the need to raise the awareness of the population, since the lack of knowledge about sewage treatment causes sanitary sewage facilities to be used incorrectly to direct rainwater and the disposal of different solid wastes that end up harming the final quality and making the STS operation difficult.

Keywords: Sewage treatment station, analysis, efficiency.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Interrelação entre sólidos presentes em efluentes domésticos. Fonte: Metcalf & Eddy (2003).....	6
Figura 2: Localização de Pimenta no mapa de Minas Gerais Fonte: Prefeitura de Pimenta .....	17
Figura 3: Localização ETE e Estações Elevatórias.....	19
Figura 4: Foto da estrutura da estação elevatória final ETE Pimenta – MG tirada durante a visita técnica.....	22
Figura 5: Grade utilizada no tratamento preliminar da ETE, foto tirada durante a visita técnica.....	23
Figura 6: Canais desarenadores.....	24
Figura 7: Medidor Parshall da ETE.....	25
Figura 8: Unidade 1 do reator UASB, foto tirada durante a visita técnica. ....	26
Figura 9: Filtro Biológico Percolador com distribuidores rotativos.....	28
Figura 10: Decantador por pás. ....	29
Figura 11: Leitões de secagem, totalizando uma área de 117,26 m <sup>2</sup> . ....	31
Figura 12: Croqui da ETE Pimenta – MG Fonte: Adaptado SAAE.....	33
Figura 13: Tomada de esgoto do reator UASB, na foto é possível perceber a presença intensa de resíduos sólidos. ....	38
Figura 14: Presença de bolhas na interface da ligação concreto x separador trifásico.....	40
Figura 15: Poço de inspeção e manutenção do reator UASB, presença massiva de resíduos sólidos. ....	42
Figura 16: Tomada de esgoto do reator UASB.....	44

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultado afluente e efluente das três análises realizadas na ETE Pimenta – MG, .....	35
---	----

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FBP – Filtro Biológico Percolador

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket (Reator Anaérobio de Fluxo Ascendente)

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	1
1.1	Objetivo .....	3
1.1.1	Objetivos Específicos.....	3
2	Revisão Bibliográfica.....	4
2.1	Esgoto .....	4
2.2	Parâmetros de análise da qualidade de esgotos .....	5
2.2.1	Sólidos .....	5
2.2.2	Indicadores de matéria orgânica.....	7
2.2.3	Nitrogênio.....	8
2.2.4	Fósforo.....	9
2.2.5	pH .....	10
2.2.6	Temperatura.....	10
2.3	Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) .....	11
2.4	Etapas do Tratamento de Esgoto .....	12
2.4.1	Tratamento Preliminar.....	12
2.4.2	Tratamento Primário .....	13
2.4.3	Tratamento Secundário.....	13
2.4.4	Tratamento Terciário.....	14
2.5	Aspectos legais.....	15
2.6	Marco legal do saneamento básico .....	16
3	Metodologia.....	17
3.1	Localização e caracterização da área de estudo.....	17

3.2	Coleta e análise de dados .....	20
4	Resultados e discussões.....	21
4.1	Caracterização da Estação de Tratamento de Esgotos.....	21
4.1.1	Sistema de coleta de esgoto e estações elevatórias .....	21
4.1.2	Gradeamento e câmaras desarenadoras.....	22
4.1.3	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo.....	25
4.1.4	Filtro Biológico Percolador (FBP) .....	27
4.1.5	Decantador.....	29
4.1.6	Leitos de secagem .....	31
4.1.7	Valas de disposição do subproduto do tratamento .....	32
4.2	Análises qualitativas do esgoto .....	34
4.3	Problemas identificados e possíveis soluções.....	36
4.3.1	Estações elevatórias .....	36
4.3.2	Tratamento preliminar .....	37
4.3.3	Reator UASB.....	40
4.3.4	Filtro Biológico Percolador .....	46
4.3.5	Águas pluviais .....	47
5	Conclusão .....	50
	Referências.....	51

# 1 INTRODUÇÃO

A ausência de saneamento básico acarreta inúmeros problemas de saúde. Doenças como a febre tifoide, febre paratifoide, as desintérias amebianas e bacilar, cólera, hepatite, esquistossomose, entre outras, são facilmente disseminadas quando os esgotos domésticos não são adequadamente tratados (JORDÃO e PÊSSOA, 2009).

O saneamento básico contribui para o controle de diversas doenças prejudiciais à saúde humana, assim é questão fundamental tratar com prioridade a destinação dos esgotos domésticos e industriais. A adoção de sistemas de esgotamento sanitário melhora a qualidade de vida da população e garante a preservação do meio ambiente, por meio do tratamento dos esgotos domésticos.

A atualização do marco legal do saneamento em 2020, vem com a importante missão de reverter o panorama apontado por um estudo de 2017 do programa Atlas Esgotos, onde 38,6% dos esgotos gerados no Brasil não eram coletados, conseqüentemente, não havia tratamento. Situação tipificada pelos esgotos correndo a céu aberto em várias partes do Brasil. Outros 18,8% eram coletados e lançados diretamente nos corpos d'água. O restante do esgoto produzido, 42,6%, era coletado e tratado antes de ser lançado nos corpos hídricos, cenário tido como ideal no âmbito do saneamento básico (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

Em Minas Gerais 87,64% da população urbana é atendida com a coleta de esgoto, mas apenas 53,72% é atendida pelo tratamento dos efluentes. A diferença da porcentagem da população atendida por coleta e tratamento são os casos de municípios que lançam seus esgotos diretamente nos corpos hídricos (MINAS GERAIS, 2021).

A população urbana do município de Pimenta – MG começou em 2019 a ser integralmente atendida por uma estação de tratamento de esgoto e deixou de fazer parte dessa porcentagem que coleta mas não trata o esgoto gerado.

Em sua tese de doutorado, Oliveira (2006) faz uma análise de desempenho e confiabilidade de 208 estações de tratamento de esgoto que utilizam diferentes

processos para tratar o esgoto. E apesar de obter bons resultados por ETE's individuais em todas as tecnologias, no geral, o desempenho médio observado ficou abaixo do esperado para todos os processos de tratamento (OLIVEIRA, 2006).

De acordo com Oliveira e von Sperling (2007), a confiabilidade de estações de tratamento de esgoto é baseada no conhecimento do comportamento do processo.

O SAAE, Serviço Autônomo de Água e Esgoto do município de Pimenta foi criado pela Lei Municipal 678 de 14 de junho de 1982 e iniciou suas atividades em 1983, nesta época a cidade contava com 6.789 metros de rede de distribuição de água e coleta de esgoto sanitário, desde a criação foram construídos 64.640 e 40.720 metros de rede de distribuição de água e coleta de esgoto respectivamente (SAAE, 2020).

Em 2005 foi construída uma estação de tratamento de esgotos com um reator UASB e sistema de baia de braquiárias, que apesar de possuir uma boa eficiência na remoção de matéria orgânica atendia apenas 5% da população (SAAE, 2020).

A nova estação de tratamento de esgoto de Pimenta iniciou suas operações no fim de 2019, e por desconhecerem o sistema e os processos muitas pessoas colocavam em dúvida a real efetividade da ETE.

## **1.1 Objetivo**

Avaliar o funcionamento da Estação de Tratamento de Esgoto do município de Pimenta – MG

Para isso, como objetivos específicos tem-se:

### **1.1.1 Objetivos Específicos**

- Caracterizar a ETE;
- Identificar os possíveis problemas de operação, construção e projeto;
- Propor medidas operacionais que visem minimizar os problemas apresentados na ETE.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Esgoto**

A NBR 9648/86 referencia as diretrizes para o estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, e define esgoto como o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, águas de infiltração e contribuição pluvial parasitária” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986).

De acordo com von Sperling (1996), a produção de esgoto está diretamente relacionada ao fornecimento de água para a população por um multiplicador conhecido como coeficiente de retorno, variável entre 0,6 a 1,0 e usualmente adotado igual a 0,8.

Os esgotos domésticos são compostos por 99,9% de água. A fração de 0,1% restante é composta por microrganismos, sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos. A necessidade de tratar os esgotos vem justamente dessa pequena parcela de composição (VON SPERLING, 1996).

Segundo Bittencourt e Paula (2014) os tratamentos de esgotos domésticos são categorizados em função dos tipos de organismos participantes nos tratamentos biológicos entre aeróbios e anaeróbios e na ausência de tratamento biológico, como físico-químicos.

Os esgotos são caracterizados em função dos usos à qual a água foi submetida. Em uma estação de tratamento, os diversos compostos constituintes das águas residuárias não são determinantes. Prefere-se a utilização de parâmetros indiretos que traduzam o caráter ou o potencial poluidor do despejo. São eles: parâmetros físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 1996).

## **2.2 Parâmetros de análise da qualidade de esgotos**

De acordo com von Sperling (1996), os principais parâmetros a merecerem destaque especial, face à sua importância na composição de esgotos predominantemente domésticos são:

- Sólidos
- Indicadores de matéria orgânica
- Nitrogênio
- Fósforo
- pH
- Temperatura

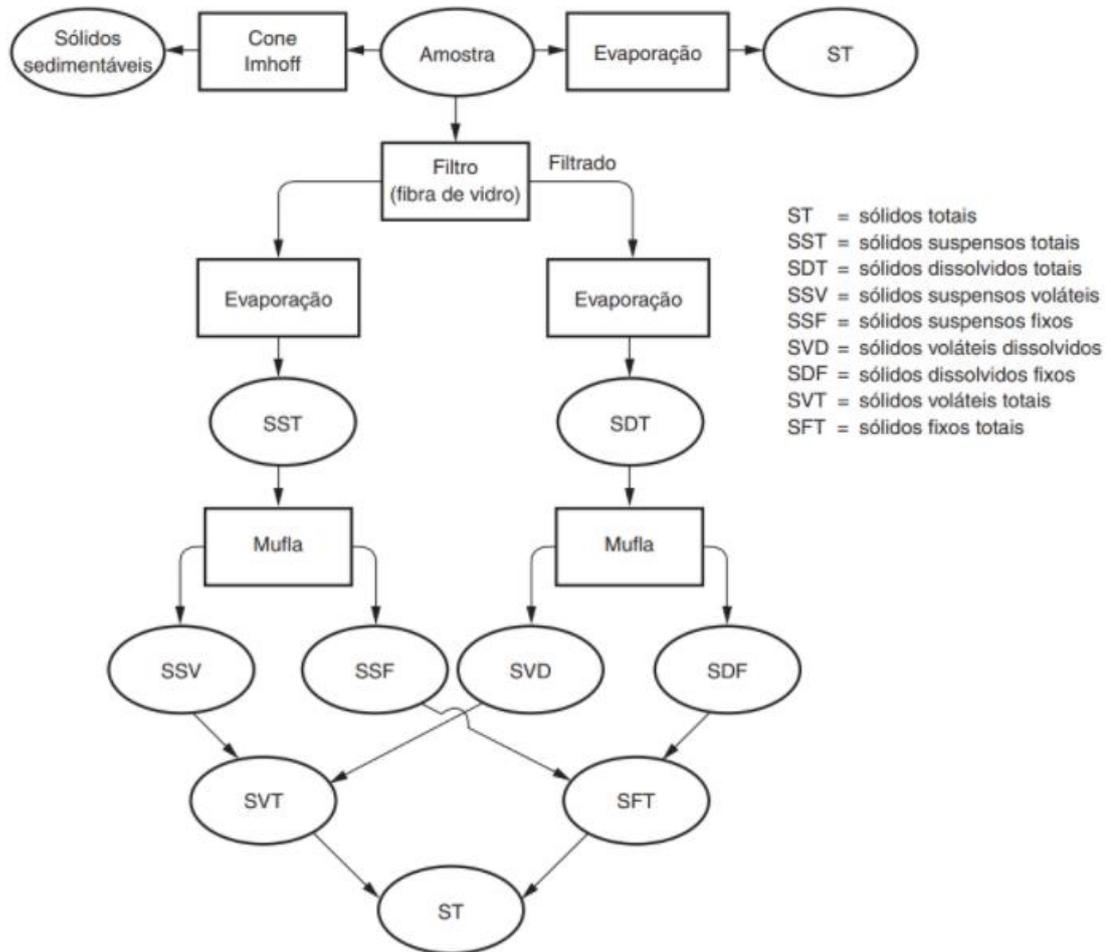
### **2.2.1 Sólidos**

A parcela de sólidos presentes no esgoto é ínfima, porém, quando separados na ETE, podem representar um problema de difícil ou complexa destinação final. A carga de sólidos é composta por todos os contaminantes da água, exceto os gases dissolvidos. A classificação dos sólidos ocorre de acordo com suas características químicas, a sua decantabilidade, e seu tamanho e estado.

De acordo com von Sperling (1996), dividir os sólidos por tamanho é sobretudo uma divisão prática. As partículas de menores dimensões, passantes por um filtro de papel de tamanho especificado correspondem aos sólidos dissolvidos, já as de maiores dimensões, retidas pelo filtro são consideradas sólidos em suspensão. Numa faixa intermediária estão os sólidos coloidais. Para o caso específico de esgotos distingue-se principalmente os sólidos dissolvidos e em suspensão (VON SPERLING, 1996).

Segundo Metcalf e Eddy (2003), o teste padrão para sólidos sedimentáveis consiste em colocar uma amostra do efluente em um cone de Imhoff de 1 litro e anotar o volume de sólidos sedimentados após o período de 1 hora. Ainda segundo os

autores, em efluentes domésticos, cerca de 60% dos sólidos suspensos são sedimentáveis e apresentam inter-relação como mostra a figura 1.



**Figura 1:** Interrelação entre sólidos presentes em efluentes domésticos.  
 Fonte: adaptado de Metcalf & Eddy (2003)

### 2.2.2 Indicadores de matéria orgânica

A presença de matéria orgânica nos esgotos é a causa do principal problema de poluição das águas. Em seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica, os microrganismos consomem o oxigênio dissolvido na água (VON SPERLING, 1996).

De acordo com von Sperling (1996), classifica-se a matéria orgânica nos esgotos quanto à forma e tamanho em dissolvida (solúvel) ou em suspensão (particulada) e quanto à biodegradabilidade em inerte ou biodegradável.

Para a determinação da quantidade de matéria orgânica presente no efluente podem ser adotados métodos diretos, através da medição do consumo de oxigênio, e métodos indiretos, através da medição do carbono orgânico (VON SPERLING, 1996).

#### Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A DBO é um importante indicador do grau de poluição do esgoto. Usado no dimensionamento das ETE's, este parâmetro indica a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto (JORDÃO e PÊSSOA, 2009)

Segundo von Sperling (1996), a DBO é uma quantificação indireta da “força” poluidora de determinado despejo pelo oxigênio consumido por microrganismos para a realização de seus processos metabólicos e condução da matéria orgânica à estabilização. Quanto maior o nível de poluição orgânica, maior será a demanda bioquímica de oxigênio de um corpo hídrico (JORDÃO e PÊSSOA, 2009).

#### Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O teste da DQO mede o consumo de oxigênio que ocorre na reação de oxidação química de uma amostra constituinte dos efluentes, realizado através de um forte oxidante em meio ácido conforme a norma *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (JORDÃO e PÊSSOA, 2009).

Os resultados do teste da DQO são uma indicação indireta da porcentagem de matéria orgânica presente no esgoto (VON SPERLING, 1996).

### 2.2.3 Nitrogênio

Em esgotos domésticos brutos predominam o nitrogênio orgânico e a amônia, que são determinados em laboratório pelo método Kjeldahl. Na faixa usual de pH, próxima a neutralidade, a amônia apresenta-se praticamente na forma ionizada, tendo importantes consequências ambientais, pois, a amônia livre é extremamente tóxica as populações aquáticas (VON SPERLING, 1996).

Através do nitrogênio pode-se estimar o grau de estabilização da matéria orgânica. Após o processo de oxidação biológica das bactérias, a concentração de nitrogênio sob a forma de amônia, nitritos e nitratos é um indicador da idade do esgoto e do grau de estabilização em relação a DBO (JORDÃO e PÊSSOA, 2009).

Segundo von Sperling (1996) o nitrogênio é um importante componente em termos da geração e do controle da poluição das águas, devido principalmente aos seguintes aspectos

- Poluição das águas
  - é um elemento indispensável para o crescimento de algas, o que em certas ocasiões pode conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas.
  - o processo de conversão da amônia a nitrito e este a nitrato consome oxigênio dissolvido no corpo d'água receptor.
  - na forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes
- Tratamento de esgotos
  - é um elemento indispensável para o crescimento dos microrganismos responsáveis pelo tratamento de esgotos.
  - consumo de oxigênio e alcalinidade do meio, nos processos de nitrificação que eventualmente possa ocorrer numa ETE.
  - o processo de desnitrificação que eventualmente precisa acontecer em ETE's, pode implicar em economia de oxigênio quando realizado de maneira controlada ou levar a uma deterioração do lodo quando realizado de maneira não controlada.

#### **2.2.4 Fósforo**

Segundo Jordão e Pêsoa (2009) o fósforo está presente nos esgotos na forma orgânica, combinado em proteínas e aminoácidos, e na forma inorgânica, como ortofosfatos e polifostatos.

Os ortofosfatos estão presentes na água através do solo, detergentes, fertilizantes, despejos industriais e esgotos domésticos e são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico, não havendo, portanto, necessidade de conversões a formas mais simples (VON SPERLING, 1996).

Já os polifosfatos são moléculas mais complexas para a metabolização biológica por conterem dois ou mais átomos de fósforo. Podem ser transformadas em ortofosfatos pelos mecanismos de hidrólise, mas tal transformação é usualmente lenta (VON SPERLING, 1996).

Segundo Quevedo (2015), o fósforo presente em esgotos sanitários é proveniente principalmente de excreções humanas e produtos industrializados utilizados nas residências.

Em corpos d'água receptores e no tratamento de esgotos, o fósforo orgânico é convertido a ortofosfatos, dessa forma, tem menor importância nos esgotos domésticos típicos que passaram por tratamento, apesar de sua importância em águas residuárias e lodos oriundos do tratamento de esgotos (VON SPERLING, 1996).

O fósforo é especialmente importante por ser um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e também por ser um nutriente essencial para o crescimento de algas, o que pode conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas (VON SPERLING, 1996).

Eutrofização é o aumento da produtividade biológica de um corpo hídrico em função da introdução de nutrientes, o que pode causar a proliferação de algas e outras plantas aquáticas (QUEVEDO, 2015).

### **2.2.5 pH**

O potencial hidrogeniônico é definido como o logaritmo negativo da concentração de íons hidrogênio (METCALF e EDDY, 2003). O pH é um indicador de características básicas, neutras ou ácidas dos esgotos e frequentemente utilizado para controle da operação de ETE's (VON SPERLING, 1996).

De acordo com von Sperling (1996), valores de pH afastados da neutralidade tendem a afetar as taxas de crescimento dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica, e podem afetar a vida aquática.

Para a determinação de pH em soluções aquosas, pode-se utilizar um pHâmetro ou papéis e indicadores de solução que alteram suas cores a valores definidos de pH, nesse caso, a determinação ocorre através da comparação entre a cor do papel ou da solução e uma série de padrões de cor (METCALF e EDDY, 2003).

Segundo Jordão e Pêsoa (2009), o pH é um importante indicador da qualidade dos esgotos e normalmente varia entre 6,5 e 7,5.

### **2.2.6 Temperatura**

De acordo com von Sperling (1996), a temperatura é uma medição da intensidade de calor. Elevações de temperatura aumentam a taxa das reações químicas e biológicas, aumentam a taxa de transferência de gases, gerando mau cheiro caso sejam liberados gases com odores desagradáveis, além de diminuir a solubilidade dos gases, por exemplo, oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 1996).

Segundo Metcalf e Eddy (2003) a temperatura do esgoto é usualmente maior que a da água de abastecimento, pois, recebe contribuição de água morna e atividades industriais. Tendo a água um calor específico maior do que o do ar, as temperaturas observadas no esgoto são superiores as temperaturas locais do ar, sendo inferiores apenas nos meses mais quentes do ano (METCALF e EDDY, 2003).

### **2.3 Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)**

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é uma estrutura projetada objetivando simular e intensificar os estados de autodepuração ocorrentes na natureza, visando retornar ao meio ambiente um efluente tratado que atenda aos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos estabelecidos pelas agências reguladoras.

A definição do melhor sistema para tratamento de esgoto é particular a cada caso, os aspectos de maior importância são definidos por von Sperling (1996) como: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade. Sendo os quatro últimos considerados como aspectos críticos para a definição do sistema a se adotar em países em desenvolvimento. É necessária uma análise criteriosa para cada situação particular, visando adotar a alternativa com maior viabilidade técnica e econômica na projeção de ETE's (VON SPERLING, 1996).

Para normatizar os projetos de estações de tratamento de esgoto, a NBR 12.209 define ETE como um “Conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

Baseados no princípio da autodepuração, surgiram vários métodos de tratamento de esgoto, denominados como tratamento biológico. Seus mecanismos de atuação se dão através da ação de microrganismos degradadores da matéria orgânica constituinte dos esgotos (OLIVEIRA, 2004).

De acordo com von Sperling (1996) o tratamento de esgotos pode ser constituído por diferentes processos e por várias unidades de tratamento, a extração dos poluentes no tratamento é dividida em etapas, que são descritas a seguir.

## **2.4 Etapas do Tratamento de Esgoto**

De acordo com von Sperling (1996), o tratamento dos esgotos é classificado entre:

- Preliminar
- Primário
- Secundário
- Terciário

O tratamento preliminar e o tratamento primário são caracterizados por mecanismos físicos de remoção de poluentes. O primeiro abrange apenas a remoção dos sólidos grosseiros, já o segundo visa remover os sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

O tratamento secundário objetiva principalmente a remoção da matéria orgânica e eventualmente a remoção de nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, neste nível predomina mecanismos biológicos de remoção de poluentes (VON SPERLING, 1996).

O tratamento terciário visa remover poluentes específicos e ainda a remoção complementar de poluentes que não foram suficientemente removidos no tratamento secundário. De acordo com von Sperling (1996), o tratamento terciário tem rara ocorrência no Brasil.

### **2.4.1 Tratamento Preliminar**

O tratamento preliminar objetiva principalmente a remoção de materiais grosseiros e areia, essa remoção é importante para poupar as instalações de tratamento, evitando o assoreamento dos reatores e decantadores (BITTENCOURT e PAULA, 2014). Para o tratamento preliminar são adotados principalmente o gradeamento e a caixa de areia, dimensionada para que ela seja removida, em sua maioria, dos conjuntos de sólidos do efluente (BITTENCOURT e PAULA, 2014).

O principal objetivo é eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações, tanques, orifícios e sifões, facilitando o transporte líquido. Principalmente a transferência de lodo em suas diversas fases (VON SPERLING, 1996).

### **2.4.2 Tratamento Primário**

Segundo von Sperling (1996), o tratamento primário objetiva remover sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes. Uma parcela significativa dos sólidos em suspensão é composta por matéria orgânica, que pode ser removida através do processo de sedimentação, levando a uma redução da carga de DBO e facilitando o tratamento secundário.

Segundo Jordão e Pêsoa (2009) o tratamento primário é composto pelos processos de sedimentação, flotação, sistemas anaeróbios (lagoas anaeróbias e reatores anaeróbios por exemplo), e digestão e secagem do lodo

### **2.4.3 Tratamento Secundário**

O tratamento secundário é caracterizado pela remoção de matéria orgânica por diversos microrganismos que a convertem em energia (BITTENCOURT e PAULA, 2014). De acordo com von Sperling (1996) os métodos de tratamento nos quais ocorre a remoção de contaminantes por meio de atividade biológica são conhecidos por processos biológicos.

De acordo com von Sperling (1996), o tratamento secundário consiste em uma etapa biológica que visa remover a matéria orgânica através de reações bioquímicas realizadas por microrganismos que convertem matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular.

No tratamento secundário há um agrupamento de bactérias em flocos biológicos que se alimentam das impurezas presentes no esgoto, como gorduras e proteínas (BITTENCOURT e PAULA, 2014). De acordo com Bittencourt e Paula (2014), além de absorver impurezas para compor a própria constituição celular, a conversão de matéria orgânica em gases para obter energia também é responsável por reduzir a carga poluidora do efluente em tratamento.

Além do mais, ao sedimentarem, as bactérias levam consigo as impurezas, o que permite a purificação da água. O processo de tratamento secundário busca acelerar as reações que ocorrem naturalmente nos corpos receptores.

#### **2.4.4 Tratamento Terciário**

Segundo Bittencourt e Paula (2014), o tratamento terciário está ligado a remoção de nutrientes, geralmente o fósforo e o nitrogênio, através de processos físico-químicos, biológicos ou mistos.

De acordo com (JORDÃO e PÊSSOA, 2009), o tratamento terciário consiste em processos de remoção de organismos patogênicos, nutrientes e processos de tratamento avançado, como, filtração final, absorção por carvão e por membranas.

O tratamento físico-químico consiste em precipitar o fósforo presente pela adição de sais metálicos, geralmente compostos de ferro, que precipitam e sedimentam o fósforo, além de reduzirem os teores desse composto (BITTENCOURT e PAULA, 2014).

O tratamento biológico consiste em submeter as bactérias participantes da degradação da matéria orgânica a um estresse anaeróbio. Quando submetidas a ausência de oxigênio as bactérias passam a utilizar a energia armazenada na forma de ATP, o que aumenta a concentração de fósforo no efluente (BITTENCOURT e PAULA, 2014).

Segundo Bittencourt e Paula (2014), ao reestabelecer a concentração de oxigênio no meio, os microrganismos se previnem contra uma nova carência, armazenando mais fósforo na forma de ATP, o que faz com que a concentração de fósforo diminua em relação à existente antes do estresse anaeróbio.

Após essa etapa, os microrganismos precisam ser removidos para que ocorra a remoção do fósforo concentrado, geralmente, adota-se decantadores para realizar essa remoção (BITTENCOURT e PAULA, 2014). Os métodos biológicos e físico-químicos podem ser utilizados em conjunto.

## **2.5 Aspectos legais**

Em 31 de Agosto de 1981 foi sancionada a lei nº6.938, que fundamentada nos incisos VI e VII do art 23 e no art 235 da Constituição Federal, estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, que objetiva a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia a vida. Esta também especifica as competências do CONAMA e uma delas é o estabelecimento de normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, visando o uso racional dos recursos hídricos e ambientais (BRASIL, 1981).

No Brasil o primeiro instrumento de cuidados específicos com a água surgiu com a criação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, intitulada Política Nacional de Recursos Hídricos. O art 1º da lei baseia-se nos fundamentos da água como um bem de domínio público; um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; com uso prioritário para o consumo humano e dessedentação de animais, e que deve ser gerida de maneira a sempre proporcionar o uso múltiplo das águas. O art 2º tece os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos que visam assegurar a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos para a atual e futuras gerações (BRASIL, 1997).

A resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, fundamentada na Lei 6.938, classifica os corpos d'água, tece as diretrizes ambientais para o seu enquadramento e estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. O art 24º da referida resolução especifica que efluentes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados direta ou indiretamente, nos corpos d'água, após o devido tratamento e obedecendo às condições, padrões e exigências desta resolução e em outras normas aplicáveis (BRASIL, 2005)

A resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, altera parcialmente e complementa a resolução CONAMA nº 357, incluindo o conceito da DBO e os valores limites para lançamento de efluentes domésticos em corpos hídricos receptores (BRASIL, 2011)

## **2.6 Marco legal do saneamento básico**

A lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020, atualiza o marco legal do saneamento e objetiva aprimorar as condições do saneamento básico no Brasil. Dispõe, dentre outras medidas, sobre prazos para adequação das disposições finais ambientalmente corretas, e autoriza a união a participar de fundo com vista exclusiva de financiamento para serviços técnicos especializados (BRASIL, 2020).

O marco legal do saneamento define os seguintes princípios fundamentais para a prestação dos serviços públicos de saneamento: universalização do acesso e efetiva prestação do serviço; segurança, qualidade, regularidade e continuidade; integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos (BRASIL, 2020).

O art 4º delega a ANA a responsabilidade pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico por seus titulares e suas entidades reguladoras e fiscalizadoras. Dentre outras, o estabelecimento de normas referentes aos padrões de qualidade e eficiência na prestação, manutenção e operação dos sistemas de saneamento básico, e o estabelecimento de sistemas de avaliação do cumprimento de metas de ampliação e universalização da cobertura dos serviços de saneamento básico (BRASIL, 2020).

As normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico devem dentre outros pontos, promover a prestação adequada dos serviços com atendimento pleno aos usuários, observando os princípios fundamentais para a prestação dos serviços públicos de saneamento (BRASIL, 2020).

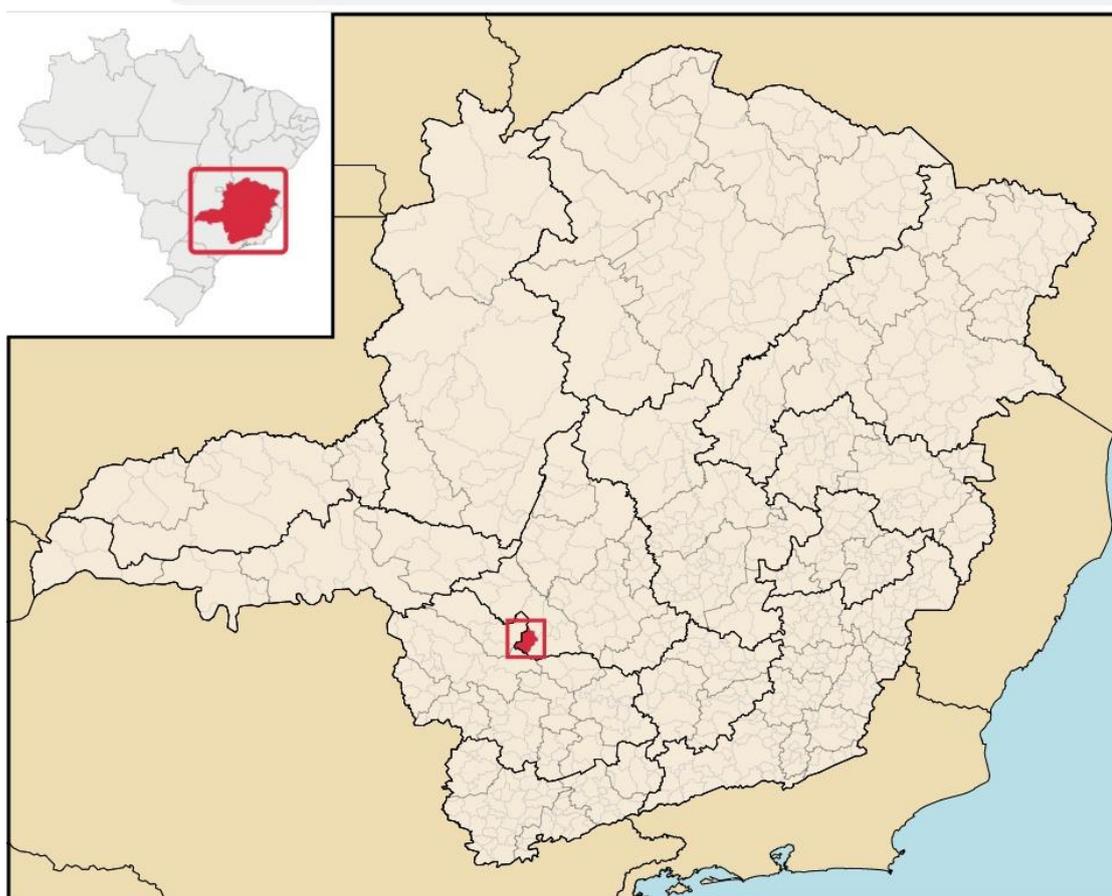
Para municípios com população inferior a 50.000 habitantes e que tenham plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e disponham de mecanismo de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, a disposição ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implementada até 2 de agosto de 2024 (BRASIL, 2020).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Localização e caracterização da área de estudo

Pimenta é um município do oeste mineiro e de acordo com dados do último censo realizado pelo IBGE em 2010 contava com uma população de 8.236 habitantes, atualmente estima-se que o crescimento populacional foi inexpressivo, passando para 8.715 pessoas (IBGE, 2010).

A região onde Pimenta (Figura 2) está situada tem elevada importância hídrica, sendo um divisor de águas da Bacia do Rio São Francisco e da Bacia do Rio Grande. Este último, responsável por abastecer o reservatório do Lago de Furnas, de grande importância para a geração de energia e atividades ligadas ao turismo e economia das cidades situadas em suas margens.



**Figura 2:** Localização de Pimenta em Minas Gerais

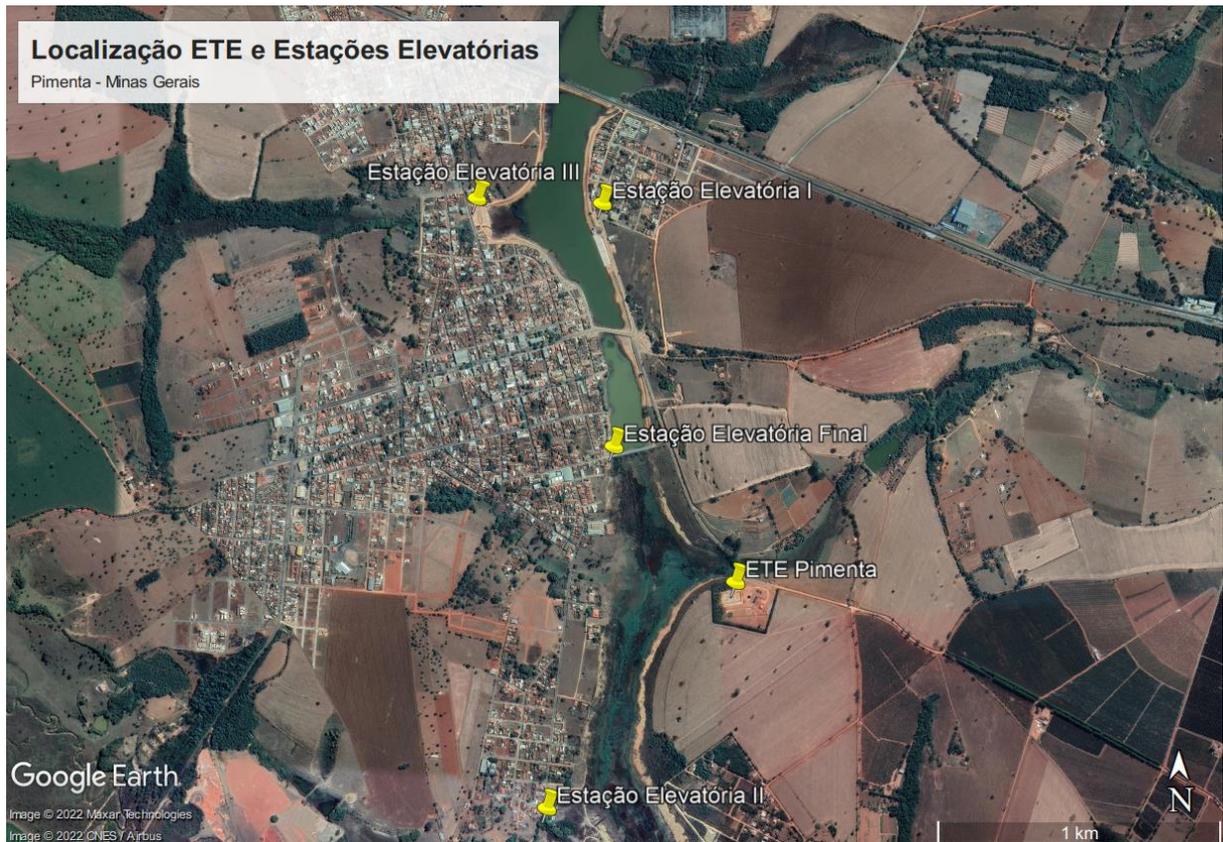
Fonte: Prefeitura de Pimenta (2022)

Predomina-se o clima tropical, com inverno seco e verão chuvoso, estações bem definidas, temperaturas médias anuais na faixa de 20,9°C e pluviosidade média anual de 1327mm.

A topografia de Pimenta favorece o escoamento das águas por seu perfil inclinado em toda a faixa urbana. Antes da construção da ETE, o efluente proveniente das residências já era coletado, porém, com a ausência de um tratamento que atendia toda a população, boa parte deste era destinado para as duas lagoas construídas pelo método de aterramento de um dos “braços” do lago de Furnas. Essa disposição incorreta do efluente acarretava inúmeros problemas para a cidade, como a mortalidade de peixes e um forte mal odor para os moradores do entorno.

Depois de muitas reclamações e multas pela disposição incorreta do esgoto gerado na cidade, o SAAE passou a lançar o efluente diretamente no lago de Furnas, devido a maior capacidade de autodepuração, mudando o problema de lugar. No ano de 2008, a ALAGO – Associação dos Municípios do Lago de Furnas doou o projeto de uma estação de tratamento de esgoto para o município de Pimenta, que arrecadou fundos junto a FUNASA para a implantação da ETE.

A ETE ocupa uma área de 32.219 m<sup>2</sup> e está situada em uma área não residencial às margens do lago de Furnas, como mostra o mapa da figura 3.



**Figura 3:** Localização ETE e Estações Elevatórias  
Fonte: Adaptado Google Earth (2022)

O tratamento preliminar principal do sistema de esgotamento sanitário de Pimenta é composto por uma grade que visa reter os resíduos sólidos grosseiros e por canais desarenadores que visam retirar os sólidos inertes sedimentáveis. Todo o tratamento preliminar atua por meio de processos físicos de remoção da matéria e são operados de maneira manual pelos funcionários.

A adoção de mecanismos físicos de remoção é uma prática realizada há muito tempo, e se bem executada traz resultados satisfatórios (BITTENCOURT e PAULA, 2014).

Em seguida, o esgoto é direcionado para o reator UASB, uma etapa de tratamento secundário onde a DBO é estabilizada anaerobiamente por bactérias dispersas em seu interior (VON SPERLING, 1996). De acordo com Souza e Vieira (1986), o clima

tropical faz com que o tratamento anaeróbio seja uma alternativa econômica e atraente.

Segundo Nascimento (2001), mesmo com todas as vantagens referentes aos sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos o efluente tratado tem dificuldade de enquadramento nos padrões de lançamento das agências reguladoras. Dessa maneira, é necessária uma etapa de pós-tratamento.

A ETE possui como etapa de pós-tratamento um filtro biológico de baixa carga com meio suporte preenchido por rochas. A percolação de esgoto pelo meio suporte permite o crescimento bacteriano, formando uma película constituída de fungos, bactérias aeróbias e anaeróbias, algas, protozoários, insetos e larvas (NASCIMENTO, 2001).

Os resíduos sólidos provenientes do filtro biológico percolador e passante pelas etapas de tratamento anteriores são removidos em uma etapa de tratamento primário por um decantador de pás com fundo cônico e retornam para estabilização no reator UASB.

### **3.2 Coleta e análise de dados**

Foram realizadas diversas reuniões com o diretor do SAAE, no período de setembro de 2021 a maio de 2022, para entender sobre a história do saneamento na cidade, os sistemas de tratamento de água, e coleta e tratamento de esgoto. Em uma dessas ocasiões também foi possível conversar sobre a ETE com um dos funcionários responsáveis pela manutenção e entender quais eram os principais obstáculos em sua operação.

Foram realizadas duas visitas técnicas acompanhadas do diretor do SAAE, na estação de tratamento de esgoto do município de Pimenta – MG, no dia 24 de fevereiro e dia 30 de abril de 2022. As visitas visavam conhecer de perto o funcionamento da ETE, compreender o fluxograma do esgoto, analisar visualmente as características do efluente tratado, identificar as possíveis patologias das estruturas constituintes da ETE e realizar registros fotográficos.

Os memoriais descritivos e de cálculo e os projetos do sistema de esgotamento sanitário do município foram analisados para compreender os critérios e dados utilizados no dimensionamento.

A resolução CONAMA 430/2011 foi utilizada comparativamente com os dados das análises de modo a verificar se o efluente tratado na ETE se enquadrava nos limites estabelecidos para os parâmetros da DBO, DQO e sólidos sedimentáveis.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Caracterização da Estação de Tratamento de Esgotos**

#### **4.1.1 Sistema de coleta de esgoto e estações elevatórias**

Pimenta conta com um sistema de coleta de esgoto que data de 1970 aproximadamente, nessa época não havia a necessidade de separar as águas pluviais do esgoto, visto que a destinação de ambos era a represa a cidade. Atualmente são 3.330 ligações na rede e um total de 56.000 metros de rede coletora de esgoto. Muitas residências têm seu sistema de coleta de águas pluviais ligadas à rede de esgoto, o que tem causado problemas nos diferentes níveis de tratamento da ETE.

Recentemente o sistema de coleta de esgoto do município passou pela substituição de canalizações para se adequar ao surgimento de novos bairros e atualmente coleta todo o esgoto gerado na área urbana do município.

Como o sistema de coleta já estava instalado e direcionava todo o esgoto coletado para o ponto mais baixo da cidade, que eram as represas, com a construção da ETE foi necessário realizar também a construção de uma estação elevatória próxima ao antigo ponto de lançamento, que agora recebe o efluente e faz o bombeamento até a ETE.

No total são 4 estações elevatórias em funcionamento, sendo 3 intermediárias que direcionam o esgoto para uma elevatória final (Figura 4) que o recalca até a ETE. Todas as elevatórias contam com um tratamento preliminar composto por uma caixa

com cesto que visa barrar detritos mais grosseiros que possam prejudicar o funcionamento das bombas.



**Figura 4:** Foto da estrutura da estação elevatória final ETE Pimenta – MG tirada durante a visita técnica.

Fonte: autor.

#### **4.1.2 Gradeamento e câmaras desarenadoras**

Ao ser bombeado para a ETE, o efluente passa por um tratamento preliminar. Composto por uma grade (Figura 5), canais desarenadores duplos e um medidor parshall.

As grades são os primeiros equipamentos instalados nas plantas de tratamento de esgotos, com a finalidade de remover sólidos que podem ocasionar problemas nas próximas etapas de tratamento.



**Figura 5:** Grade utilizada no tratamento preliminar da ETE, foto tirada durante a visita técnica

Fonte: autor.

A ETE – Pimenta possui uma grade com espessura das barras de 3/8", e abertura entre as barras de 1,5 cm com velocidade de escoamento no gradeamento de 0,60 m/s, a largura do canal é de 0,30 m. Este perfil configura uma eficiência de remoção de sólidos grosseiros na faixa de 61,2% de acordo com o memorial descritivo.

Após o gradeamento o efluente passará pelo desarenador onde será removida toda a areia do esgoto.

A areia é o material de maior dificuldade para remoção e manuseio nos esgotos. Para estações do porte da ETE – Pimenta, uma caixa com sistema de limpeza manual é um meio muito eficiente para remoção desta areia.

O memorial descritivo contava com uma unidade desarenadora do tipo retangular por gravidade, com largura de 0,40 m e comprimento da caixa de 6,0 m. Por questões técnicas que visavam facilitar a manutenção do canal desarenador, foram construídos canais duplos em alvenaria. Conforme apresentado na Figura 6, enquanto um está em uso o outro passa pelo processo de remoção da areia retida.



**Figura 6:** Canais desarenadores.

Fonte: autor.

Por último, o tratamento preliminar recebe um medidor Parshall de 3" (Figura 7) para permitir a conferência da vazão afluyente à ETE. O que é extremamente importante para manter a velocidade próxima aos valores ideais de escoamento para retenção da areia nos canais desarenadores.



**Figura 7:** Medidor Parshall da ETE.

Fonte: autor.

#### **4.1.3 Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo**

Após passar pelo medidor Parshall, o efluente é direcionado para as caixas de distribuição de vazão do reator UASB, onde se iniciará o processo de remoção da matéria orgânica.

O reator estabiliza a DBO anaerobiamente por meio de bactérias dispersas em seu interior. O sistema é composto por um tanque que recebe em sua parte superior um decantador e um defletor dos gases formados.

O esgoto afluente é introduzido pela parte superior e distribuído uniformemente no fundo do reator seguindo em fluxo ascendente atravessando uma camada de lodo biológico onde ocorre a conversão da matéria orgânica em biogás, o efluente tratado

é eliminado pelo topo do decantador (SOUZA e VIEIRA, 1986). O defletor faz o direcionamento do gás para uma região isolada do reator, onde é realizada a coleta. Assim, o líquido mais uma parcela do lodo biológico em suspensão adentram no compartimento de decantação, onde os sólidos são separados do efluente e retornam ao fundo por gravidade.

O reator UASB da ETE – Pimenta (Figura 8) conta com 2 unidades no formato quadrado de altura útil igual a 5,05 metros, lado de 7,30 metros e um tempo de detenção hidráulico igual a 8 horas para a vazão máxima. Dessa maneira, estima-se que o reator tenha uma eficiência de remoção de DBO na faixa de 70% e uma eficiência na remoção de coliformes da ordem de 30% de acordo com o memorial descritivo. Cada unidade do reator possui uma área de 53,29 m<sup>2</sup> e um volume de 269,12 m<sup>3</sup>.



**Figura 8:** Unidade 1 do reator UASB, foto tirada durante a visita técnica. Fonte: autor.

Amostradores permitem a coleta de material do interior do reator para a realização de análises laboratoriais de parâmetros que podem auxiliar na operação e monitoramento do sistema. Comportas permitem o acesso para manutenção interna, como a remoção da espuma que se forma na superfície.

O reator UASB trata altas taxas de aplicação hidráulicas, com elevado tempo de retenção de sólidos e baixo tempo de detenção hidráulica. Frente as suas vantagens, o reator não promove a eliminação de nutrientes e organismos patogênicos, fazendo-se necessário a aplicação de pós-tratamento.

#### **4.1.4 Filtro Biológico Percolador (FBP)**

O esgoto afluyente ao reator UASB é direcionado para um filtro biológico percolador – FBP de alta taxa (Figura 9), um sistema de tratamento de esgotos por processo biológico.

Constituído por um tanque cilíndrico preenchido com um meio suporte que recebe continuamente, a uma taxa fixa, a aplicação do efluente a ser tratado por meio de distribuidor rotativo movido por energia elétrica. Na base do material de enchimento são construídos sistemas de drenagem para a coleta do esgoto tratado e dos sólidos biológicos excedentes que se desprendem do biofilme. Este sistema de coleta também permite a aeração natural através da circulação do ar ambiente pelo meio suporte, garantindo a existência de aerobiose.



**Figura 9:** Filtro Biológico Percolador com distribuidores rotativos. Fonte: autor.

A medida que o efluente passa pelo meio suporte, placas do biofilme vão se desprendendo devido ao grau de estabilização e à tensão cisalhante causada pela velocidade de escoamento do líquido entre os vazios do meio suporte. O material desprendido é removido na próxima etapa de tratamento, visando obter um efluente final clarificado e com baixas concentrações de sólidos.

A ETE – Pimenta possui um FBP de alta taxa com diâmetro do tanque de 8,10 metros, profundidade do meio suporte de 2,60 metros, de acordo com o memorial descritivo espera-se uma eficiência do conjunto UASB-FBP na remoção de DBO na faixa de 91,3% e de coliformes na faixa de 90%.

#### 4.1.5 Decantador

Os resíduos sólidos provenientes do FBP são removidos pelo decantador. A ETE – Pimenta possui um decantador do tipo convencional com diâmetro de 9,0 metros e altura lateral de 3,30 metros com inclinação do fundo do tanque 1:12, indicado na figura 10.

O tanque de decantação possui uma geometria cilíndrica, com fundo cônico, uma canaleta periférica de coleta e uma coluna central rodeada por um poço central de coleta. É também conhecido como clarificador, pois, além de remover o lodo, ele libera o efluente isento de lodos, denominado efluente clarificado.



**Figura 10:** Decantador por pás. Fonte: autor.

Após passar pelo reator UASB e pelo FBP, o esgoto tratado é direcionado para o decantador a uma taxa constante, permitindo que os sólidos em suspensão por possuir densidade maior do que a do líquido circundante, sedimente no fundo. De

tempos em tempos o lodo formado no fundo do decantador é retirado por meio de uma descarga e direcionado para o reator UASB visando uma maior estabilização do mesmo antes de ser direcionado para os leitos de secagem.

O efluente é conduzido para o interior do tanque através de uma tubulação de entrada embutida na coluna central. Nesta coluna existem janelas na extremidade superior para que o efluente tenha acesso à bacia do tanque. Ainda na região das janelas da coluna central, está o cilindro tranquilizador, um dispositivo que isola a agitação de chegada na área onde o efluente deverá ter pouca agitação.

O lodo mais pesado sedimenta, isto é, vai para o fundo da bacia, onde é conduzido para o poço central de remoção, que possui uma tubulação de descarte. O lodo mais leve flota, isto é, vai para a superfície do efluente, onde é retido por um sistema de cortina contínua e conduzido às caixas coletoras posicionadas na periferia interna do tanque, que possuem uma tubulação de descarte.

O efluente clarificado é conduzido à uma calha contínua periférica externa ao tanque, controlado por um sistema de vertedores lineares, e encaminhado para o poço de equalização de uma estação elevatória. No poço o esgoto pode ser recalcado até as calhas do reator UASB para manter o leito do FBP molhado ou ser lançado no lago de Furnas.

O removedor de lodo de acionamento periférico tem por finalidade executar o trabalho de remoção de lodo decantado e também de lodo sobrenadante/flotado.

#### 4.1.6 Leitos de secagem

Os leitos de secagem são as unidades destinadas a desidratação final do lodo gerado no reator UASB. São compostos por módulos construídos com material poroso e dreno percolado no fundo.

O lodo é disposto no modulo até uma altura máxima de 30 centímetros e depois de atingir uma umidade inferior a 60%, que ocorre em torno de 20 dias, o lodo é removido e enviado para as valas de aterro do subproduto do tratamento.

São quatro leitos de secagem (Figura 11) com 29,40 m<sup>2</sup> cada, construídos em alvenaria. O lodo é dividido entre os leitos de secagem através da operação das comportas instaladas na entrada de cada módulo.



**Figura 11:** Leitos de secagem, totalizando uma área de 117,26 m<sup>2</sup>. Fonte: autor.

A laje de fundo de cada retângulo tem declividade no sentido do centro de 1,0% de forma a permitir o escoamento do percolado para a canaleta central de recolhimento, comum aos quatro leitos, que por sua vez, com a mesma declividade, se dirigem à caixa de recolhimento na extremidade.

#### **4.1.7 Valas de disposição do subproduto do tratamento**

Para a disposição final do lodo desidratado, areia e material gradeado está em fase de implantação e licenciamento valas de disposição do subproduto do tratamento. As valas serão escavadas, recebendo no fundo um concreto impermeabilizado e protegidas internamente com uma manta plástica.

As valas serão preenchidas com processo tipo “sanduiche” com uma camada de material gradeado, areia e lodo desidratado, tendo uma altura de 30 cm, recoberta com 30 cm de terra. Uma vez atingido o nível do terreno, a superfície da célula será gramada, encerrando-se o aterro.

A seguir é apresentado um croqui (Figura 12) da ETE – Pimenta com setas que indicam o fluxo do esgoto e do lodo proveniente das etapas de tratamento.

CROQUI ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DE PIMENTA - MG

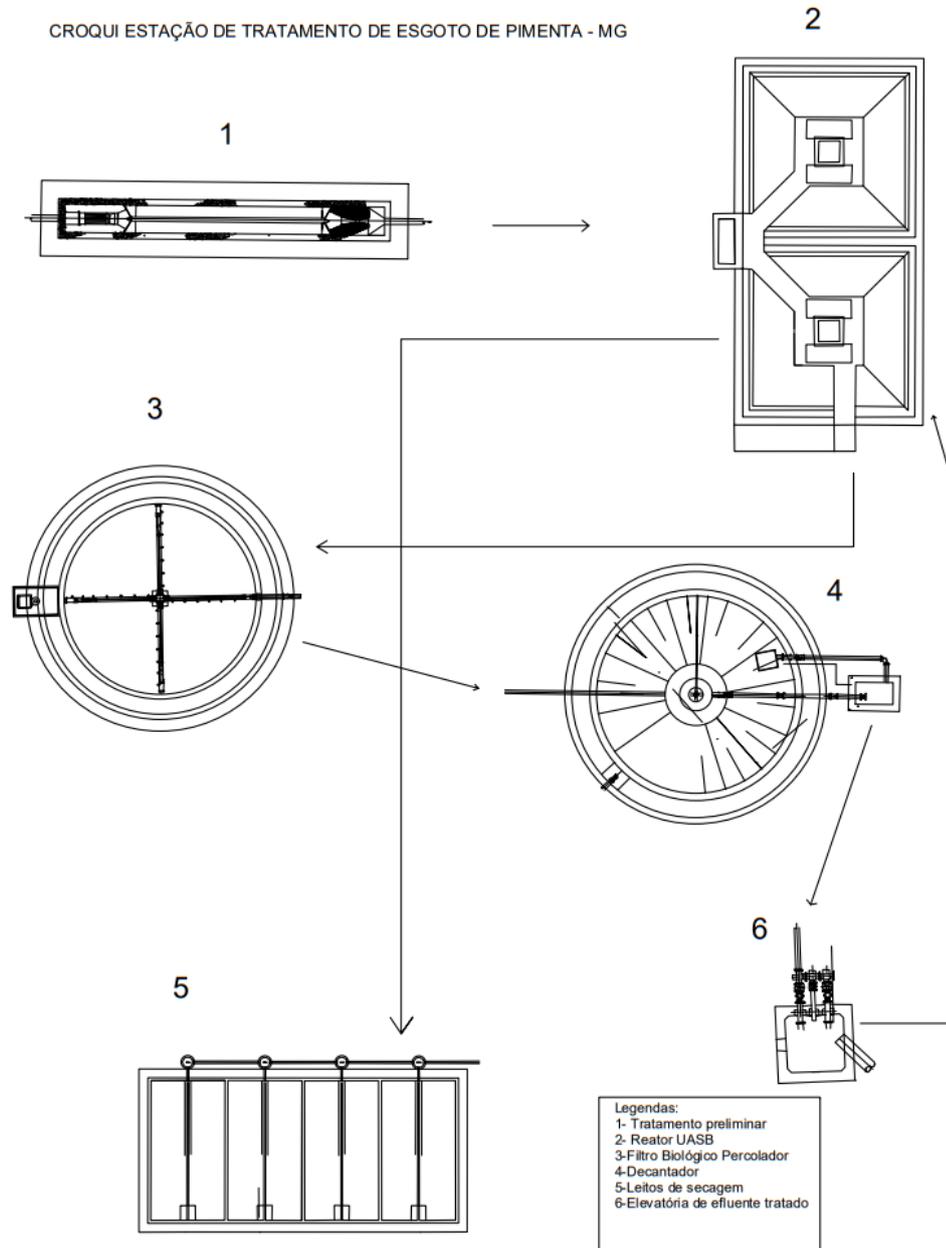


Figura 12: Croqui da ETE Pimenta – MG. Fonte: Adaptado SAAE (2015).

## 4.2 Análises qualitativas do esgoto

A ETE Pimenta – MG iniciou suas operações a pouco tempo, desta forma as análises qualitativas do esgoto tratado ainda são escassas. Durante o período de três anos e meio foram realizadas 3 análises por empresas qualificadas para o serviço de coleta e análise do esgoto bruto e tratado. A escolha das empresas responsáveis pelo procedimento deu-se por meio de licitação no modelo tomada de preços, onde a empresa com o melhor valor para a prestação dos serviços vence a licitação.

Ao serem colhidas, as amostras foram armazenadas devidamente em frascos e preservadas de acordo com o que estabelece a NBR 9.898/87 – Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1987). As amostras foram retiradas em três pontos, uma na entrada da ETE (esgoto bruto), na saída da ETE (esgoto tratado) e no lago de Furnas. As coletas foram realizadas nos dias 18/06/2020 e 25/02/2021 pela empresa Bioética Ambiental e no dia 29/04/2022 pela empresa Ecoar Monitoramento Ambiental Ltda. As análises foram realizadas de acordo com a norma *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Os resultados das análises estão organizados por data e pontos de coleta da amostra e comparados com os valores exigidos para lançamento de efluentes em corpos hídricos pela resolução CONAMA 430/2011 (Tabela 1).

**Tabela 1:** Resultado afluente e efluente das três análises realizadas na ETE Pimenta – MG.

		Entrada da ETE	Saída da ETE	Eficiência (%)	CONAMA Nº430/2011
18/06/2020	DBO (mg/L)	553,62	78,48	85,82	> 80%
	DQO (mg/L)	1.298,45	219,75	83,08	180
	SST (ml/L)	264	76	71,21	100
	Sól. Sedimentáveis (ml/L)	4	2	50,00	1
	Nitrogênio (mg/L)	32,48	34,72		-
	pH	6,84	7,48		" 5 - 9
	Temperatura (°C)				< 40
	Fósforo				
25/02/2021	DBO (mg/L)	182,95	39,56	78,38	> 80%
	DQO (mg/L)	539,47	133,07	75,33	180
	SST (ml/L)	138	22	84,06	100
	Sól. Sedimentáveis (ml/L)	2	0,2	90,00	1
	Nitrogênio (mg/L)	29,69	33,04		-
	pH	6,84	7,59		" 5 - 9
	Temperatura (°C)	27	28		< 40
	Fósforo				
29/03/2022	DBO (mg/L)	153	29,7	80,59	> 80%
	DQO (mg/L)	504	89	82,34	180
	SST (ml/L)	211	45	78,67	100
	Sól. Sedimentáveis (ml/L)	0,5	0,3	40,00	1
	Nitrogênio	20	12		-
	pH	6,77	7,7		" 5 - 9
	Temperatura (°C)	27,5	26,6		< 40
	Fósforo	2,5	3,89		

Fonte: autor.

A presença de sólidos sedimentáveis acima do permitido pela Resolução CONAMA 430/2011 na primeira análise é um indicativo de que os processos necessitam de melhorias para operarem de maneira mais eficiente.

Os resultados faltantes de temperatura e fósforo na primeira análise e de fósforo na segunda análise não foram analisados. A eficiência foi analisada apenas nos parâmetros calculáveis.

A eficiência de remoção de DBO está abaixo do esperado pelo memorial descritivo da ETE, apesar de apresentar valores satisfatórios para a resolução CONAMA 430/2011. A análise realizada no mês de junho, período de seca, apresentou valores mais altos de DBO, o que pode ser explicado pela ausência de águas de infiltração na rede coletora.

### **4.3 Problemas identificados e possíveis soluções**

#### **4.3.1 Estações elevatórias**

O cesto para retenção de materiais grosseiros anterior às elevatórias sobrecarrega-se muito rápido e o esgoto transborda, ou seja, é recalcado sem antes receber o tratamento preliminar. Não é um problema frequente, mas acontece, principalmente em dias chuvosos onde o fluxo de esgoto é mais intenso.

Nas vésperas da visita, o SAAE havia realizado a retífica do motor da bomba da elevatória final, pois, uma calça jeans passou pelo cesto e travou o funcionamento da bomba. Causando um enorme prejuízo, tanto financeiro quanto no processo de tratamento.

Em conversa com o diretor do SAAE durante a visita técnica, foi relatado que o conjunto da ETE sofre com um grande problema que é o descarte de resíduos sólidos na rede coletora de esgoto, esse problema prejudica tanto as estações elevatórias quanto o tratamento final do esgoto em seus diversos níveis.

Para ajudar a solucionar o problema dos resíduos sólidos que adentram as estações elevatórias, pode-se adotar processos mais eficientes no tratamento preliminar. Por exemplo, a construção de canais desarenadores e adoção de gradeamento mais fino anterior à elevatória final.

As unidades de desarenamento devem ser dimensionadas usando a vazão máxima afluyente e garantindo as velocidades mínimas de escoamento, visando impedir a deposição indesejada de sólidos orgânicos (RIBEIRO, LOBATO, *et al.*, 2018). Segundo, Ribeiro e Lobato, *et al.* (2018), para sistemas de pequeno porte a experiência operacional tem sinalizado positivamente para a utilização de duas grades

finas sequenciais com limpeza manual e espaçamento livre entre as barras de 20 e 10mm.

Assim consegue-se evitar que materiais grosseiros cheguem até as bombas e prejudiquem o funcionamento do sistema. Além de contribuir para uma melhora significativa nos processos de tratamento do esgoto.

De acordo com Ribeiro e Lobato, et al. (2018), outro ponto de extrema importância para o correto funcionamento de reator UASB é a etapa de bombeamento das vazões afluentes à ETE. É importante atentar-se para que os reatores não fiquem expostos a condições de sobrecarga hidráulica, devido ao bombeamento constante de uma vazão igual ou superior à vazão máxima de projeto. Isto levaria a eventos de queda da eficiência de retenção de sólidos e remoção de matéria orgânica (RIBEIRO, LOBATO, et al., 2018).

#### **4.3.2 Tratamento preliminar**

O primeiro problema identificado na ETE foi no tratamento preliminar, o espaçamento entre as barras do gradeamento era demasiado grande, permitindo a passagem de alguns materiais grosseiros, como apresentado na Figura 13, que prejudicam o correto funcionamento do reator UASB.

O entupimento dos tubos de alimentação do reator é causado pela elevada presença de detritos no efluente e decorrente de um tratamento preliminar ineficiente além do mau uso das instalações sanitárias e do sistema de esgotamento pela população (CHERNICHARO, RIBEIRO, et al., 2018).

Pode-se mencionar a utilização de grades ultrafinas (6 a 10mm) e o uso de peneiras de pequena abertura (3 a 4mm), o que reduziria consideravelmente a passagem de resíduos sólidos. A definição de um procedimento padrão de manutenção do tratamento preliminar permite que seja instalada uma grade ultrafina após o medidor Parshall, pois, a perda de carga já não seria relevante e aumentaria a efetividade na remoção de sólidos grosseiros passantes na grade utilizada atualmente.



**Figura 13:** Tomada de esgoto do reator UASB, na foto é possível perceber a presença intensa de resíduos sólidos. Fonte: autor.

Os canais desarenadores aparentemente funcionam bem, porém, por não ter uma rotina de acompanhamento diário das vazões afluentes não se sabe ao certo a velocidade do escoamento passante. O acompanhamento das velocidades é essencial para garantir que os canais operem com velocidades dentro dos padrões de dimensionamento e com a máxima eficiência.

O fato de serem câmaras duplas facilita a manutenção e operação do sistema. Quando uma está sendo limpa a outra recebe o efluente a se tratar para a remoção da areia. Porém, as mesmas não possuem um procedimento padrão de manutenção e o excesso de areia depositado nas caixas impede a correta sedimentação do material passante, prejudicando o funcionamento efetivo dos canais.

De acordo com Ribeiro e Lobato, et al. (2018), uma remoção mais eficiente de sólidos grosseiros propicia a obtenção de um lodo de melhor qualidade estética, o que pode favorecer o uso agrícola, além de diminuir a formação de espuma no interior dos reatores anaeróbios.

Um tratamento preliminar adequado influencia positivamente todo o sistema de esgotamento sanitário. Dessa maneira facilitaria a manutenção das estruturas de distribuição de vazão e calhas coletoras de efluente, reduziria a deposição de areia no fundo dos reatores UASB e melhoraria o gerenciamento de lodo, pois, seria obtido um sólido com menor conteúdo de detritos e areia, e de melhor qualidade estética.

A adoção de um procedimento padrão para a manutenção do tratamento preliminar evita que as unidades operem de maneira sobrecarregada, garantindo maior eficiência na remoção de sólidos sedimentáveis.

### 4.3.3 Reator UASB

Ao vistoriar o reator UASB foi identificado um grave problema, os gases oriundos da decomposição da matéria orgânica não estavam sendo captados para o queimador de gás, indicado pela presença de bolhas na figura 14, devido a problemas de vedação na interface entre o concreto e a caixa de fibra de vidro do separador trifásico.



**Figura 14:** Presença de bolhas na interface da ligação concreto x separador trifásico.

Fonte: autor.

A não captação dos gases gerados no reator causa maus odores, acelera o processo de corrosão das estruturas metálicas e do concreto, além de desperdiçar energia que poderia estar sendo gerada com esse gás em um biodigestor.

Para a solução do vazamento de gás do reator UASB, uma alternativa viável seria realizar a impermeabilização interna da interface entre a tampa de concreto e as paredes do separador trifásico. Como o reator é composto por duas unidades,

enquanto se esvazia uma para realizar a impermeabilização a outra continua tratando o esgoto.

Para realizar a manutenção na segunda unidade do reator, transfere-se o lodo contido no interior da caixa para a unidade já impermeabilizada. Dessa maneira não se perde em eficiência de tratamento, já que o lodo terá uma alta atividade metanogênica.

Outro problema identificado no reator UASB e relatado por funcionários, foi a alta geração de espuma, como apresentado na figura 15, e a dificuldade para remoção da mesma dos compartimentos que recebem os resíduos sólidos do reator UASB.

De acordo com Ribeiro e Lobato, et al. (2018), quando não removidos adequadamente no tratamento preliminar, alguns materiais (p. ex.: plásticos e detritos leves em geral) tendem a flotar no interior do reator e acumular na parte superior do separador trifásico, formando a espuma.



**Figura 15:** Poço de inspeção e manutenção do reator UASB, presença massiva de resíduos sólidos. Fonte: autor.

A tampa dos poços de visita é muito pequena, dificultando a remoção da espuma. A geração de espuma está muito elevada, necessitando de procedimentos frequentes para remoção.

A falta ou não efetividade no gerenciamento do lodo e da espuma pode comprometer a eficiência do sistema de tratamento como um todo (LOBATO, RIBEIRO, *et al.*, 2018). Assim, é necessário o estabelecimento de rotinas operacionais adequadas para o gerenciamento desses subprodutos, que possam ser implementadas de forma efetiva nos reatores (LOBATO, RIBEIRO, *et al.*, 2018).

Quanto a dificuldade de remoção da espuma no interior do reator, a solução analisada e aprovada pelo SAAE foi a instalação de uma bomba sobre a parte superior do reator. A bomba deve permitir que os operadores da ETE adotem rotinas

operacionais adequadas para que o reator UASB trate o esgoto com a máxima eficiência, além de facilitar as atividades de manutenção nas câmaras de resíduos sólidos.

Como o tratamento preliminar não funciona de maneira adequada, muitos sólidos inertes passam para o reator UASB. A presença destes causam muitos problemas nesta etapa de tratamento, como a diminuição do volume útil do reator e o entupimento dos tubos de alimentação do reator, como é possível observar na Figura 16.

Segundo Moraes (2011), a passagem de grande quantidade de sólidos pelo tratamento preliminar causa a obstrução das tubulações de entrada e saída do reator UASB. A ausência de fluxo dentro do reator UASB causa o surgimento de zonas mortas, os sólidos inertes que passam para o interior do reator ocupam áreas destinadas à biomassa microbiana e ocasiona a diminuição do volume útil do reator (MORAIS, 2011).



**Figura 16:** Tomada de esgoto do reator UASB. Fonte: autor.

Em ETE's que utilizam o reator UASB é imprescindível a utilização de dispositivos de remoção de sólidos grosseiros com aberturas iguais ou inferiores a 12 mm (RIBEIRO, LOBATO, *et al.*, 2018). Experiências operacionais, mostram que a utilização de unidades de peneiramento estático (3 a 5 mm de abertura de malha), pós-gradeamento, mostram-se importantes para evitar obstruções nas linhas de alimentação de reatores UASB e nas calhas coletoras de efluente tratado (RIBEIRO, LOBATO, *et al.*, 2018).

Outro problema identificado no reator UASB foi a presença excessiva de sólidos, o que impacta negativamente a qualidade do efluente e a eficiência de remoção de materiais particulados, problema decorrente do esgotamento da capacidade de retenção e armazenamento de lodo no interior do reator (CHERNICHARO, RIBEIRO, *et al.*, 2018).

De acordo com Lobato e Ribeiro, *et al.* (2018), a presença de sólidos com efluentes de reatores UASB pode acarretar sobrecarga nas unidades de pós tratamento. O envio de lodo aeróbio das unidades de pós-tratamento para adensamento e estabilização nos reatores UASB também são apontados como uma das causas da perda de sólidos no efluente dos reatores (LOBATO, RIBEIRO, *et al.*, 2018)

O lodo coletado no decantador é enviado para adensamento e digestão no reator UASB e de acordo com Almeida e Ribeiro, *et al.* (2018), o envio do lodo aeróbio excedente para adensamento e digestão em reatores UASB tem sido apontado como uma das causas da perda de sólidos no efluente dos reatores.

Segundo Almeida e Ribeiro, *et al.* (2018), o controle da perda de sólidos com o efluente anaeróbio é um aspecto crucial para o desempenho global do sistema. Elaborar e implementar rotinas operacionais para descarte de lodo e espuma são fases de extrema relevância para uma operação bem-sucedida das etapas do tratamento de esgoto (ALMEIDA, RIBEIRO, *et al.*, 2018).

Objetivando reduzir a entrada de detritos, areia e sólidos flutuantes no reator, é fundamental definir processos mais eficientes no tratamento preliminar, visto que esses materiais acabam por adentrar no reator e vão constituir a camada de espuma e a composição do lodo, prejudicando o seu correto funcionamento.

#### 4.3.4 Filtro Biológico Percolador

O principal problema encontrado na operação do FBP atualmente relaciona-se com os sólidos grosseiros passantes pelo tratamento preliminar. O reator UASB está tratando o esgoto de forma sobrecarregada, não conseguindo reter todos os sólidos grosseiros no separador trifásico. Dessa maneira, uma parcela significativa de resíduo sólido adentra na tubulação que direciona o esgoto e causa o entupimento dos distribuidores rotativos do FBP.

Além de demandar um trabalho extra da equipe de manutenção o problema também ameaça o correto funcionamento do FBP. Quando os distribuidores rotativos deixam de funcionar, o meio suporte seca e a cultura de bactérias responsáveis pela digestão da matéria orgânica morrem. Dessa maneira o tratamento biológico deixa de existir.

A adoção de um tratamento preliminar adequado resulta em uma redução significativa de problemas corriqueiros das unidades de tratamento, como por exemplo obstrução de tubulações, quebra e perda de rendimento de equipamentos por desgaste (RIBEIRO, LOBATO, *et al.*, 2018).

Outro problema refere-se a etapa de início de operação. O município de Pimenta está localizado próximo a uma região rica em calcário, devido a facilidade em conseguir rochas calcárias nas proximidades, as mesmas foram utilizadas como meio suporte para o tratamento no FBP.

A rocha calcária quando em contato constante com água entra em processo de calcificação, o que impedia a formação do biofilme no meio suporte e consequentemente inviabilizava o pós tratamento do reator UASB pelo FBP. O que tornava essa etapa de pós tratamento ineficiente. À época da visita técnica esse problema já havia sido solucionado pelo SAAE.

#### 4.3.5 Águas pluviais

O elevado volume de águas pluviais que chegam à ETE junto com o esgoto, constitui um problema e apresenta influência na eficiência do tratamento. Como o sistema de coleta de esgoto do município antecede ao projeto da ETE e anteriormente o esgoto coletado era lançado diretamente no corpo hídrico receptor, muitas residências possuem seu sistema de coleta de águas pluviais ligado à rede de coleta de esgoto.

Segundo von Sperling (1996), no Brasil adota-se para efeito de projeto o sistema separador de esgotamento sanitário, onde as águas pluviais são separadas em linhas de drenagem independentes e não contribuem à ETE. Caso fosse adotado o sistema combinado, o dimensionamento teria que levar em consideração a parcela correspondente às águas pluviais.

No período chuvoso, junto ao esgoto doméstico uma quantidade considerável de águas pluviais chega até a ETE, causando uma diluição do efluente doméstico e prejudicando o tratamento pelo reator e pelo FBP.

O excesso de água pluvial nas redes de esgoto durante os períodos chuvosos pode provocar sobrecarga hidráulica no reator, resultando em perda de biomassa e conseqüentemente perda de eficiência de geração de biogás

Além disso, na etapa de tratamento do FBP o excesso de água causa a destruição da cultura de bactérias instaladas no meio suporte,

Para começar uma proposta de solução viável e que teria um impacto imediato na operação da ETE seria realizar uma campanha de sensibilização dos usuários. Como pôde ser observado na visita técnica, vários problemas que acometem a ETE de Pimenta são decorrentes da inadequada utilização das instalações sanitárias, resultando em uma alteração significativa das características qualitativas e quantitativas dos esgotos gerados, por exemplo, presença excessiva de águas pluviais e de detritos como cabelo, cotonete, absorvente, fio dental, algodão, preservativos, etc.

Dessa maneira, torna-se essencial a criação de espaços dialógicos, onde o usuário venha a apreender sobre os processos de tratamento, o funcionamento das redes coletoras e estações elevatórias. O conhecimento deve ser compartilhado para entender as percepções e perspectivas da população, em especial sobre a geração, as soluções de tratamento e a destinação que são dadas ao esgoto sanitário. Esse debate é importante para esclarecer como cada usuário é diretamente responsável pelo processo em sua origem.

Por último é apresentado a proposta de um plano de operação padrão para a ETE, são apresentados alguns itens básicos e importantes para uma operação eficiente e confiável. Adaptado de (FEAM, 2006):

- Contar com um funcionário diariamente, este será responsável exclusivamente pela operação e acompanhamento da ETE. O mesmo deve fazer uso rigoroso de EPIs (máscaras, luvas, botas e uniformes), visando reduzir o risco de contaminação.
- Realizar leituras horárias/diárias da vazão de entrada e saída do esgoto e anotar os valores na ficha diária de controle operacional diariamente.
- Retirar três vezes ao dia o material retido nas grades e peneiras, garantindo que não haja afogamento das unidades.
- Realizar a medição do nível de areia nos canais desarenadores e remover o material acumulado sempre que o nível ocupar a metade da altura do canal ou 2/3 de todo seu comprimento.
- Garantir ao reator UASB uma vazão afluyente o mais regular possível.
- Inspeccionar diariamente a caixa de distribuição de vazão, desentupindo os tubos quando necessário para garantir a distribuição uniforme do esgoto no reator.
- Inspeccionar e desobstruir sempre que necessário os tubos de alimentação do reator.
- Inspeccionar semanalmente a linha de gás e a interface entre concreto e separador trifásico para descobrir eventuais vazamentos de gás.
- Limpar a calha principal e os vertedores diariamente.

- Remover a espuma formada na superfície do reator em intervalos de 15 a 30 dias, encaminhando o material para o leito de secagem para posteriormente ser aterrado nas valas de disposição do subproduto e sempre evitando que o reator opere sobrecarregado.
- Avaliar a quantidade e a atividade da biomassa presente no reator
- Realizar a descarga periódica do lodo acumulado em excesso no reator, possibilitando também a retirada de material inerte que, eventualmente, se deposita no fundo do equipamento. Encaminhando o material retirado nas descargas para o leito de secagem para posteriormente ser aterrado nas valas de disposição do subproduto. Idealmente a cada mês.
- Efetuar o desaguamento do lodo do decantador diariamente

Também seria importante a montagem do laboratório da ETE. Assim o funcionário responsável poderia fazer análises para monitoramento do efluente bruto e tratado diariamente, gerando conhecimento do sistema e conseqüentemente aumentando a confiabilidade do mesmo. A seguir é apresentado um quadro resumo dos problemas:

Tópicos de problemas	Soluções propostas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afogamento das estações elevatórias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalação de tratamento preliminar anterior às elevatórias.</li> <li>• Conscientização da população.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ineficiência do tratamento preliminar principal.</li> <li>• Presença de sólidos no efluente tratado do reator UASB.</li> <li>• Obstrução dos distribuidores rotativos do FBP.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conscientização da população.</li> <li>• Adoção de gradeamento mais fino (6 a 10 mm) e peneiramento estático (3 a 4 mm).</li> <li>• Rotinas adequadas de descarte de lodo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento de gás no reator UASB.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impermeabilização interna da interface do separador trifásico com a tampa de concreto.</li> </ul>

## 5 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo, foi possível concluir que a ETE do município de Pimenta – MG possui um sistema de tratamento eficaz, com tecnologia robusta, de baixo custo operacional e satisfatória remoção de matéria orgânica para atender os requisitos da legislação, embora os dados de monitoramento sejam escassos.

As análises realizadas pelo SAAE mostraram que o sistema de tratamento atende aos valores estabelecidos pela resolução CONAMA 430/2011 para o lançamento de efluentes de tratamento de esgoto em corpos hídricos receptores. Porém, a eficiência de remoção encontrada está aquém do calculado nos memoriais descritivos e de cálculo.

No geral a ETE – Pimenta funciona adequadamente e o efluente tratado atende as normas reguladoras. No entanto, foram identificados problemas que atrapalham a eficiência de todo o processo.

O espaçamento de 15 mm entre as grades é insuficiente para reter grande parte de sólidos que possuem pequenas dimensões e vêm a obstruir os tubos de alimentação do reator, constituir a camada de espuma nas câmaras de decantação e compor o efluente já tratado.

Os problemas do tratamento preliminar ainda causam a deposição de material inerte no interior do reator UASB, prejudicando o processo de tratamento. A presença de sólidos não biodegradáveis causa o surgimento de zonas mortas, pois ocupa áreas destinadas as culturas de bactérias e diminuem o volume útil do decantador. O que também pode levar ao desprendimento de material flutuante que escapa com o efluente tratado.

O material flutuante que escapa das câmaras do reator provoca obstrução frequente nos tubos de alimentação do distribuidor rotativo, o que aumenta os trabalhos de manutenção dos operadores.

A adoção das melhorias recomendadas pode surtir efeito imediato no tratamento e nas instalações da ETE, gerando economia de mão de obra e um efluente final de melhor qualidade sendo lançado no lago de Furnas.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília. 2017.

ALMEIDA, P. G. S. D. et al. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 6: Qualidade do efluente. **DAE**, São Paulo, v. 66, n. Especial, p. 90-108, Novembro 2018.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. New York. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, p. 22. 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, p. 12. 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, p. 5. 1986.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. D. **Tratamento de água e efluentes; fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. São Paulo: Saraiva, 2014.

BRASIL. Lei N°6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, 1981. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm)>. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, 1997. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm)>. Acesso em: 20 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**, 2005. Disponível em:

<[http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=450](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=450)>. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de março de 2011.**, 2011. Disponível em: <[http://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=627](http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627)>. Acesso em: 22 maio 2022.

BRASIL. Lei nº 14026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento, 2020. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm)>. Acesso em: 27 maio 2022.

CHERNICHARO, C. A. D. L. et al. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 1: Tópicos de Interesse. **DAE**, São Paulo, v. 66, n. Especial, p. 5-16, Novembro 2018.

FEAM. **Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto.** Fundação Estadual do Meio Ambiente FEAM. Belo Horizonte, p. 50. 2006.

IBGE. cidades. **IBGE**, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pimenta/panorama>>. Acesso em: 17 maio 2022.

JORDÃO, E. P.; PÊSSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 5ª. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2009.

LOBATO, L. C. D. S. et al. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 3: Gerenciamento de lodo e espuma. **DAE**, São Paulo, v. 66, n. Especial, p. 30-55, Novembro 2018.

METCALF, L.; EDDY, H. P. **Wastewater engineering: Treatment, disposal and Reuse.** 4ª. ed. Nova York: MacGraw-Hill, 2003.

MINAS GERAIS. Lei nº 336 de 27 de dezembro de 1948. Estabelece a divisão administrativa e judiciária do Estado. **Assembleia Legislativa de Minas Gerais**,

1948.

Disponível

em:

<<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa-nova-min.html?tipo=Lei&num=336&ano=1948>>. Acesso em: 30 maio 2022.

MINAS GERAIS. **Panorama de abastecimento de água e esgotamento sanitário 2021**. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, p. 106. 2021.

MORAIS, J. C. D. **avaliação da eficiência e dos problemas operacionais de uma estação de tratamento de esgotos ao longo de 13 anos de monitoramento**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 111. 2011.

NASCIMENTO, M. C. P. **Filtro biológico percolador de pequena altura de meio suporte aplicado ao pós-tratamento de efluente de reator UASB**. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, p. 168. 2001.

OLIVEIRA, S. C.; VON SPERLING, M. **Análise da confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte, p. 389-398. 2007.

OLIVEIRA, S. M. A. C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, p. 231. 2006.

OLIVEIRA, S. V. W. B. D. **Modelo para tomada de decisão na escolha de sistema de tratamento de esgoto sanitário**. Tese (Doutorado em Administração) - Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 293. 2004.

PIMENTA. Lei nº 678 de 14 de junho de 1982. Cria o Serviço Autônomo de Água e Esgoto. **SAAE Pimenta**, 1982. Disponível em: <[http://www.saaepimenta.com.br/uploads/conteudoarquivo\\_arquivo/1039/lei6781982criacaosaae.pdf](http://www.saaepimenta.com.br/uploads/conteudoarquivo_arquivo/1039/lei6781982criacaosaae.pdf)>. Acesso em: 30 maio 2022.

PIMENTA, P. D. Nossa Cidade. **Prefeitura de Pimenta**, 2020. Disponível em: <<http://pimenta.mg.gov.br/prefeitura/nossa-cidade/>>. Acesso em: 18 Maio 2022.

QUEVEDO, C. M. G. D. **Avaliação da presença de fósforo nos esgotos sanitários e da atual contribuição dos detergentes.** Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 248. 2015.

RIBEIRO, T. B. et al. Contribuição para o aprimoramento de projeto, construção e operação de reatores UASB aplicados ao tratamento de esgoto sanitário - Parte 2: Tratamento preliminar, bombeamento e distribuição de vazão. **DAE**, São Paulo, v. 66, n. Especial, p. 17-29, Novembro 2018.

SAAE. Histórico. **SAAE Pimenta**, 2020. Disponível em: <<http://www.saaepimenta.com.br/post/159/historico>>. Acesso em: 18 Maio 2022.

SOUZA, M. E. D.; VIEIRA, S. M. M. Uso do reator UASB para tratamento de esgoto sanitário. **Revista DAE**, São Paulo, v. 46, n. 145, p. 165-168, Junho 1986.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996, 1996. 243 p.