

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG

ENGENHARIA CIVIL

LETÍCIA DOS REIS SARTO

**DIRETRIZES PARA A REDUÇÃO DA INCIDÊNCIA DE ODORES NA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTANA EM VARGINHA, CONSIDERANDO
SEU IMPACTO NO BEM-ESTAR PÚBLICO**

Varginha

2018

LETÍCIA DOS REIS SARTO

**DIRETRIZES PARA A REDUÇÃO DA INCIDÊNCIA DE ODORES NA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTANA EM VARGINHA, CONSIDERANDO
SEU IMPACTO NO BEM-ESTAR PÚBLICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do título de bacharel sob a orientação da professora Me. Ivana Prado de Vasconcelos.

Varginha

2018

LETÍCIA DOS REIS SARTO

**DIRETRIZES PARA A REDUÇÃO DA INCIDÊNCIA DE ODORES NA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANTANA EM VARGINHA, CONSIDERANDO
SEU IMPACTO NO BEM-ESTAR PÚBLICO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do título de bacharel, pela Banca Examinadora formada pelos membros:

Aprovado em 03 /12 / 2018

Prof. Me. Ivana Prado de Vasconcelos
(orientadora)

RESUMO

Neste trabalho são expostos os resultados da avaliação da ocorrência de odores desagradáveis e os impactos sociais em uma estação de tratamento de esgotos sanitários da cidade de Varginha, Minas Gerais. O sistema de tratamento é constituído por reatores de fluxo ascendente de manta de lodo (RAFA). Considerando que o sistema é caracterizado pelo tratamento através da anaerobiose, ocorre a emissão de maus odores, provocando incômodos para a população residente próxima ao local. São apontados os fundamentos teóricos para compreensão do assunto, bem como a caracterização do sistema de tratamento por intermédio da visita ao local de estudo, com relatos e fotos. Com isso, foi analisada a possível incidência de emanção de odores em cada etapa do tratamento, considerando também a avaliação dos moradores quanto à permanência, intensidade e incômodo gerado pelo mau cheiro e, a partir da sua conexão com a literatura e com o que foi observado na visita ao local, serão apresentadas diretrizes e alternativas para a redução ou eliminação do problema em questão, divididas em etapas de manutenção, indicação da distância mínima entre a ETE e as residências, bem como as responsabilidades do município e da população.

Palavras-chave: Esgoto. Tratamento. Odores. Impactos. Diretrizes.

ABSTRACT

In this work the results of the evaluation of the occurrence of unpleasant odors and the social impacts in a sewage treatment plant of the city of Varginha, Minas Gerais, are presented. The treatment system consists of an Upflow anaerobics ludge blanket digestion (UASB). Considering that the system is characterized by the treatment through anaerobiosis, the emission of bad odors occurs, causing annoyances for the resident population near the place. The theoretical foundations for understanding the subject are indicated, as well as the characterization of the treatment system through the visit to the place of study, with reports and photos. Thus, the possible incidence of odor emanation at each stage of the treatment was analyzed, considering also the residents' evaluation of the permanence, intensity and annoyance generated by the bad smell and, from its connection with the literature and with what was observed at the site visit, guidelines and alternatives will be presented for the reduction or elimination of the problem in question, divided into maintenance stages, indication of the minimum distance between the station and the residences, as well as the responsibilities of the municipality and the population.

Keywords: Sewage. Treatment. Odors. Impacts. Guidelines.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disposição de uma estação de tratamento de esgoto.	22
Figura 2 – Sistema de gases de Reatores UASB.	28
Figura 3 – Localização dos bairros a serem avaliados.	37
Figura 4 – Mapa de Varginha.	40
Figura 5 – Localização ETE Santana.	41
Figura 6 – Identificação dos serviços de saneamento	44
Figura 7 – Avaliação dos serviços de saneamento.	44
Figura 8 – Impactos identificados pela população.	45
Figura 9 – Frequência de percepção do odor	46
Figura 10 – Período de incidência do odor.	46
Figura 11 – Caracterização do odor	47
Figura 12 – Patologias identificadas pela população	48
Figura 13 – Identificação de melhorias.	48
Figura 14 – Gradeamento preliminar	49
Figura 15 – Sistema de reatores RAFA.	51
Figura 16 – Corrosão e destruição da laje de um dos Reatores.	52
Figura 17 – Leitões de secagem do lodo	53
Figura 18 – Queima dos gases gerados pelos Reatores.	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição típica de esgotos sanitários.	17
Tabela 2 –Faixas típicas do consumo per capta de água.	19
Tabela 3 –Consumo de água em alguns estabelecimentos institucionais.. Erro! Indicador não definido.	19
Tabela 4 –Consumo de água em alguns estabelecimentos comerciais..... Erro! Indicador não definido.	19
Tabela 5 – Compostos da emissão de odores e seus limites de sensibilidade.. Erro! Indicador não definido.	26
Tabela 6 –Métodos para análise de alguns compostos odorantes Erro! Indicador não definido.	30
Tabela 7– Projeção da população urbana de varginha	42
Tabela 8– Principais características da ETE.....	43
Tabela 9 – Características dos Reatores	50
Tabela 10 – Parâmetros para rios classe 2.....	54
Tabela 11– Parâmetros na ETE Santana.....	55
Tabela 12 – Produção de lodo nos leitos de secagem.....	55

SUMÁRIO

Nenhuma entrada de sumário foi encontrada.

1. INTRODUÇÃO

Com o crescimento contínuo da população, necessita-se de soluções técnicas para as unidades básicas de saneamento promovidas pelos órgãos públicos e, dentre elas, o processo de coleta e tratamento do esgoto gerado pelos habitantes se faz necessário para se evitar a propagação de doenças e realizar a disposição adequada do efluente em um curso d'água. Tal processo depende de sistemas de tratamento diversos, que podem ser individuais ou coletivos.

Varginha é uma cidade em constante ascensão, pois está localizada em um local estratégico, devido à proximidade das principais capitais da região Sudeste do Brasil, além da facilidade do acesso por meio da Rodovia Federal BR 381, Fernão Dias, o que facilita a

instalação de indústrias na região, contribuindo fortemente com o crescimento da população. Cada vez mais se pode identificar a implantação de novos loteamentos nos bairros mais afastados da cidade, principalmente próximos aos principais pontos de serviços de segurança e saúde, como pode-se identificar nas regiões contíguas à Unidade de Pronto Atendimento (UPA) e à Sede do Batalhão da Polícia Militar, localizados no bairro Padre Vitor.

Há alguns anos, a Estação de tratamento de Esgoto Santana, localizada na cidade de Varginha, passou a apresentar reclamações provenientes da população dos bairros vizinhos com relação à ocorrência de maus odores. Como a proliferação de odores tem sido uma das principais queixas decorrentes da operação da ETE, torna-se importante a identificação da sua origem e seus agravantes.

Com base nessas informações, este trabalho é resultado de um estudo de caso com a finalidade de investigar a ocorrência desses odores na ETE por meio de informações da população. Assim, se torna possível diagnosticar o problema e propor instruções e procedimentos de forma reduzir o impacto odorante em ETE's existentes bem como em possíveis novas instalações. Nos capítulos seguintes, buscou-se colocar o problema de pesquisa, sua relevância e as conclusões as quais se pode chegar a partir dele.

Sendo assim, no capítulo 2, serão apresentados os objetivos gerais e específicos, aos quais definem as etapas do trabalho de pesquisa para a finalidade do trabalho. No capítulo 3, apresenta-se os fundamentos teóricos utilizados para o entendimento dos aspectos a serem analisados na visita técnica ao local, como as técnicas de tratamento, possíveis fontes de odores a serem identificadas no processo de operação e especificações sobre os reatores RAFA.

No capítulo 4, são apresentadas as metodologias de trabalho, empregadas na identificação dos métodos e processos de tratamento utilizados pela unidade de operação, bem como a definição das amostras de pesquisas e os critérios a serem utilizados para as pesquisas com os moradores, a fim de melhor entender as principais fontes de odores e como esses impactos são identificados por essa população.

O capítulo 5 analisa os principais resultados obtidos através do estudo de caso. Nesta análise, optou-se por identificar o processo de tratamento utilizado pela unidade de operação, assim como os principais problemas observados no processo e seus agravantes relacionados à

emissão de odores. Neste capítulo elegem-se também as variáveis e indicadores considerados essenciais para a compreensão do problema.

Abordada, no capítulo 6, tem-se a sistematização das observações e pareceres advindos do desenvolvimento do trabalho, apresentando as conclusões e a conexão entre os principais assuntos levantados durante o estudo de caso, a fim de se realizar o entendimento das principais fontes de odores e seus agravantes.

Finalmente, no capítulo 7, apresentam-se as diretrizes e orientações, baseadas nas análises e conclusões obtidas através do estudo, com a finalidade de solucionar, ou minimamente reduzir os impactos odorantes para com a população vizinha, pensando no seu conforto e bem estar, que é um dos objetivos do saneamento básico.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Propor diretrizes alternativas para os odores gerados por Estações de Tratamento de Esgoto de forma a reduzir/extinguir o impacto odorante que afeta a população, com base no estudo realizado na ETE Santana, situada no Bairro Rezende em Varginha-MG.

2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar o sistema de tratamento de esgoto no município de Varginha;
- Identificar e delimitar a região afetada pelo odor;
- Realizar pesquisa com a população;
- Identificar e avaliar os impactos gerados;
- Propor diretrizes de redução ou extinção do impacto odorante, baseadas no objeto de estudo.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. Saneamento Básico

Saneamento básico, conforme definido pela Lei Federal nº 11.445 (BRASIL, 2007, capítulo I) que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, caracteriza-se pelo conjunto de serviços de infraestrutura e operações prestados à sociedade, com o objetivo de garantir a saúde pública e proteção do meio ambiente. Dentre esses serviços, o governo deve

garantir, para toda população, atividades como o abastecimento de água, limpeza urbana, gestão de resíduos sólidos e o esgotamento sanitário.

3.2. Esgoto Sanitário

Os esgotos domésticos possuem 99,9% de água em sua composição, sendo o restante composto por sólidos, suspensos ou dissolvidos, micro-organismos, entre outros. A necessidade de tratar o esgoto vem dessa fração de compostos sólidos. (VON SPERLING, 2005).

Segundo a ABNT: NBR 9648 (1986), o esgoto sanitário é composto por líquidos provenientes de utilização de água doméstica e industrial para os devidos fins, bem como a água pluvial, de infiltração do solo, e águas superficiais que, inevitavelmente, podem vir a ser coletadas pelo sistema da rede de esgoto. Esses sistemas têm como objetivo o tratamento adequado para o esgoto de forma a ser devolvido para o meio ambiente reduzindo ou excluindo os danos aos cursos d'água. O responsável por coletar, encaminhar e tratar esse esgoto, denominado sistema de esgoto sanitário, é composto por equipamentos, serviços e instalações destinadas a um local adequado, de modo a garantir a segurança e higiene da população.

Em concordância com SOBRINHO e TSUTIYA (2000), o produto do esgoto é resultado da população da área que o projeto é destinado a atender, contribuição per capita, coeficiente de retorno da água e de variação de vazão.

De acordo com VON SPERLING (2005), a primeira medida para se iniciar a caracterização dos esgotos é a medida qualitativa, que se define pelas características que se referem a qual uso a água foi submetida, os quais variam com os hábitos da população, bem como sua situação social e econômica.

A definição de BRAGA et al. (2005) para as características de esgoto são identificadas como físicas, químicas e biológicas, cada uma com suas particularidades, que alteram os aspectos naturais da água. De acordo com suas grandezas, é possível analisar o nível de poluição e assim, qualificar a eficiência do tratamento das ETE's.

3.2.1. Características físicas

Segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2004), as características físicas do esgoto se identificam pelo nível de propagação de odores, assim como a alteração da sua coloração. Também são identificadas como características físicas a variação da vazão, que se

dá pelo tipo de esgoto, que varia conforme sua produção. Os principais parâmetros físicos dos esgotos são definidos por VON SPERLING (2005):

- Temperatura: A temperatura se identifica como superior a da água de abastecimento, e varia de acordo com as estações do ano, influência da presença de micróbios, solubilidade dos gases e velocidade das reações químicas. Também possui influência na viscosidade e seu aumento exagerado pode elevar a transferência de gases e as reações biológicas, podendo gerar mau odor;
- Cor: A cor do esgoto fresco possui tons acinzentados, assim como o esgoto séptico possui cores que variam de um cinza escuro a preto;
- Odor: Os odores também se modificam de acordo com o estágio de idade e contaminação do esgoto, variando de um odor desagradável a um fedor muito desagradável, devido ao gás sulfídrico e outros.
- Turbidez: A turbidez está relacionada com a capacidade da luz de atravessar a água. Os esgotos mais frescos apresentam, normalmente, maior turbidez, pois é causada pela variedade de sólidos presentes.
- Matéria sólida: A característica física com mais relevância são os materiais sólidos presentes no esgoto. Esses materiais são classificados através de fatores como as dimensões das partículas, sedimentabilidade e secagem em temperaturas variáveis. (JORDÃO e PESSOA, 1995).

3.2.2. Características químicas

Os agentes químicos presentes na composição do esgoto, em sua maioria, são óleos, gorduras, proteínas e carboidratos, sendo que aproximadamente 70% de todos os sólidos são de origem orgânica, (JORDÃO e PESSOA, 1995).

Um dos principais parâmetros químicos a serem analisados nos esgotos para VON SPERLING (2005) é o pH, caracterizado pelo potencial hidrogeniônico, que representa a quantidade de hidrogênio presente, indicando a acidez, neutralidade ou alcalinidade. Os processos de oxidação biológica tendem a reduzir o pH.

3.2.3. Características biológicas

BRAGA et al., (2005) identificam os atributos biológicos do esgoto conforme a presença de micro-organismos como bactérias, vírus, vermes e protozoários, que podem

contribuir com a decomposição da matéria orgânica presente no esgoto, fazendo com que ela se torne mais simples e facilite o tratamento, porém também podem ser responsáveis por diversas patologias.

3.2.4. Parâmetros de qualidade

O meio ambiente pode promover o “tratamento” do esgoto lançado, desde que em condições adequadas. Esse tratamento é realizado por micro-organismos que decompõem a matéria orgânica, os quais também são explorados para o tratamento dos esgotos em Estações de Tratamento.

A matéria orgânica é o principal meio de poluição do esgoto, devido ao fato de ser o nutriente mais importante dos micro-organismos, os quais utilizam de oxigênio dissolvido na água para decompor a mesma. Os parâmetros de qualidade do esgoto são definidos pela DBO e DQO.

3.2.4.1. Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

MACYNTRYE (1996) define como parâmetro indicador mais utilizado a DBO, que é a quantidade de oxigênio utilizada pelos micro-organismos para estabilizar a matéria orgânica, sendo essa decomposição feita por meio aeróbio.

De acordo com VON SPERLING (2005), A DBO pode ser medida de cinco em cinco dias, sendo que no dia da coleta da amostra, é identificada a concentração de oxigênio dissolvido. Essa amostra é mantida em um recipiente fechado, à 20° C e, após 5 dias, é determinada a nova concentração de oxigênio. A DBO é identificada pela diferença do teor de oxigênio detectada no dia da coleta e no 5° dia.

Cada litro de esgoto lançado pode provocar consumo de 100 a 300 mg de oxigênio disponível. Esse método de medição é padronizado pelo “*Standard methods for the examination of water and wastewater*”, conforme descrito por JORDÃO E PESSOA (1995). Se a DBO for muito alta, o oxigênio da água é rapidamente consumido, fazendo com que a decomposição anaeróbica passe a acontecer, o que gera subprodutos e grande mau cheiro.

3.2.4.2. Demanda Química de Oxigênio (DQO)

A DQO é, também, a quantidade de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica, porém identificada somente pela oxidação química por permanganato ou dicromato

de potássio em solução ácida. (NETTO, 1977). VON SPERLING (2005) afirma que a principal vantagem da DQO é a agilidade nos testes, realizados em um período de 2 a 3 horas.

- Relação DQO/DBO5 baixa (< 2,5): Indica que a fração biodegradável é elevada e é necessário o tratamento biológico;
- Relação DQO/DBO5 intermediária (entre 2,5 e 3,5): A fração biodegradável não é elevada e é preciso realizar estudos de viabilidade de tratamento biológico;
- Relação DQO/DBO5 elevada (> que 3,5): A fração inerte é elevada e é passível de tratamento físico-químico.

3.2.4.3. Carbono Orgânico Total (COT)

Ainda conforme VON SPERLING (2005), nesse teste, o carbono orgânico é medido pela sua liberação na forma de gás carbônico (CO₂). Esse carbono é medido diretamente, e não pela quantidade de oxigênio consumido.

A Tabela 1 mostra os parâmetros e composições encontrados no esgoto de uma forma geral, conforme descrito por METCALF e EDDY, (1991).

Tabela 1—Composição típica de esgotos sanitários.

Constituinte	Concentração (mg/l , onde não indicado)		
	Forte	Médio	Fraco
1 Sólidos totais	1200	720	350
1.1 Dissolvidos totais	850	500	250
1.1.1 Fixos	525	300	145
1.1.2 Voláteis	325	200	105
1.2 Suspensos totais	350	220	100
1.2.1 Fixos	75	55	20
1.2.2 Voláteis	275	165	80
2 Sólidos sedimentáveis (ml/l)	20	10	5
3 DBO5, 20°	400	220	110
4 Carbono total (TOC)	260	160	80
5 DQO	1000	500	250
6 Nitrogênio Total (como N)	85	40	20
6.1 Orgânico	35	15	8
6.2 Amônia livre	50	25	12

6.3 Nitritos	0	0	0
6.4 Nitratos	0	0	0
7 Fósforo total	15	8	7
7.1 Orgânico	5	3	1
7.2 Inorgânico	10	5	3
8 Cloretos	100	50	30
9 Alcalinidade (como CaCO ₃)	150	100	50
10 Graxas	150	100	50

Fonte: Adaptada da ABNT: NBR 7229 (1993)

3.3. Estação de tratamento de Esgoto

A ETE tem a função de remover as características indesejadas do esgoto de modo que possa ser lançado no ambiente conforme prescritos pelas normas regulamentadoras. O esgoto é submetido a 3 etapas conforme as características físicas, químicas ou biológicas que se deseja alterar, até que se alcance o nível de correção desejado, possibilitando seu reuso ou disposição final no meio ambiente. (SANTOS e MANCUSO, 2003).

3.3.1. Parâmetros para dimensionamento

3.3.1.1. Consumo médio de água

A vazão de água da população varia de acordo com suas necessidades, sua situação econômica, podendo também se alterar conforme o clima da cidade ou a localização em locais de escassez. Nas Tabelas 2, 3 e 4 pode-se analisar o consumo médio de água populacional, comercial e institucional, segundo VON SPERLING (2005):

Tabela 2–Faixas típicas do consumo per capita de água

Porte da comunidade	Faixa de população	Consumo per capita (l/hab.d)
Povoado rural	< 5000	90 - 140
Vila	5000 – 10000	100 - 160
Pequena localidade	10000 – 50000	110 - 180
Cidade média	50000 – 250000	120 - 220
Cidade grande	> 250000	150 - 300

Fonte–Adaptada de VON SPERLING (2005)

Tabela 3–Consumo de água de alguns estabelecimentos institucionais

Estabelecimento	Unidade	Faixa de vazão (l/unid.d)
Clínica de repouso	Residente	200 - 450
	Empregado	20 - 60
Escola com lanchonete, ginásio, chuveiros	Estudante	50 - 100
	Estudante	40 - 80
	Estudante	20 - 60
Hospital	Leito	200 - 1000
	Empregado	20 - 60
Prisão	Detento	200 - 500
	Empregado	20 - 60

Fonte–Adaptada de VON SPERLING (2005)

Tabela 4–Consumo de água de alguns estabelecimentos comerciais

Estabelecimento	Unidade	Faixa de vazão (l/unid.d)
Aeroporto	Passageiro	8 – 15
Alojamento	Residente	80 – 150
Banheiro público	Usuário	10 – 25
Bar	Freguês	5 – 15
Cinema/ teatro	Assento	2 – 10
Escritório	Empregado	30 – 70
Hotel	Hóspede	100 – 200
	Empregado	30 – 50
Indústria (apenas esgoto sanitário)	Empregado	50 - 80
Lanchonete	Freguês	4 – 20
Lavanderia- comercial	Máquina	2000 – 4000
Lavanderia- automática	Máquina	1500 – 2500
Loja	Banheiro	1000 – 2000
	Empregado	30 – 50
Loja de departamento	Banheiro	1600 – 2400
	Empregado	30 – 50
	m ² de área	5 – 12
Mercado	m ² de área	3 – 10
Posto de gasolina	Veículo servido	25 – 50
Restaurante	Refeição	15 - 30
Shopping center	Empregado	30 - 50
	m ² de área	4 - 10

Fonte–Adaptada de VON SPERLING (2005)

3.3.1.2. Coeficiente de retorno

SOBRINHO e TSUTIYA (1999) afirmam que o coeficiente de retorno é a relação entre a quantidade de esgoto que é recebida na rede coletora e a quantidade de água que foi realmente fornecida para a população. Esse coeficiente depende da utilização da água de acordo com o padrão das residências, mas pode ser utilizado entre 0,5 e 0,9. A ABNT: NBR 9649 (1986) indica a utilização de 0,8 como coeficiente de retorno em caso de falta de coleta de dados.

3.3.1.3. Coeficientes de variação da vazão

A vazão do esgoto pode variar de acordo com o horário, dia, mês e é importante a utilização dos coeficientes K1, K2 e K3 (SOBRINHO e TSUTIYA, 1999)

- K1: Refere-se ao coeficiente de máxima vazão diária, obtido através da maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual.
- K2: Coeficiente de máxima vazão horária, através da relação entre a maior vazão do dia e a vazão média horária do mesmo dia
- K3: Coeficiente de mínima vazão horária, relação entre a vazão mínima e a vazão média anual.

Na falta de valores obtidos através de medições, a ABNT - NBR-9649 (1986) recomenda uso de $K_1 = 1,2$, $K_2 = 1,5$ e $K_3 = 0,5$.

3.3.1.4. Vazão doméstica

Para VON SPERLING (2005), a contribuição de vazão média dos esgotos é calculada, de maneira geral, pela seguinte equação:

$$Q_{dm} = \frac{Pop \times QPC \times R}{86400} \quad (L/s)$$

Equação 01

Onde:

Q_{dm} = vazão doméstica média de esgotos (l/s);

Pop = população atendida;

QPC = quota per capta de água (L/hab.d);

R = coeficiente de retorno esgoto/água;

3.3.1.5. Vazão de infiltração

A infiltração nas redes coletoras acontece devido a defeitos nas juntas ou pequenas rachaduras nos poços de visita. Conforme ABNT - NBR-9649 (1986) deve-se levar em conta uma taxa de infiltração, que varia de acordo com os atributos do solo, qualidade de execução do projeto, material da tubulação e a manutenção nas estruturas que compõem o sistema. Essa taxa varia entre 0,05 e 1,0 l/s.km.

3.3.1.6. Vazão de dimensionamento

Segundo a ABNT - NBR-9649 (1986), a vazão final do trecho da rede, para dimensionamento do Sistema de Tratamento dos Esgotos é calculada da seguinte maneira:

$$Q = (K_1 \times K_2 \times Q_f) + I + \sum Q_{cf} \text{ (l/s)}$$

Equação 02

Onde:

Q = vazão final do trecho;

K₁ = coeficiente de máxima vazão diária (1,2);

K₂ = coeficiente de máxima vazão horária (1,5);

Q_f = contribuição média final de esgoto doméstico;

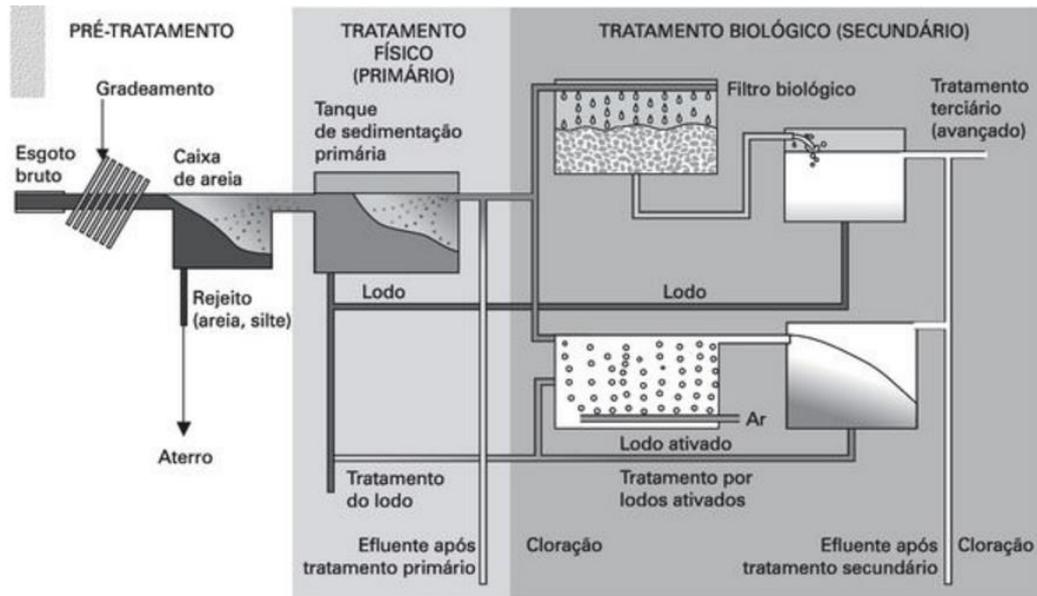
I = contribuição de infiltração;

Q_{cf} = contribuição singular inicial.

3.4. Descrição do tratamento do esgoto

Segundo BRAGA et al., (2005), os processos de tratamento de resíduos e efluentes são divididos em função de qual característica se deseja alterar. Pode-se identificar na Figura 1 que o tratamento é feito em etapas para garantir sua qualidade, sendo que os processos preliminares e primários se caracterizam por processos físicos, como a remoção dos sólidos presentes. Já no tratamento secundário é retirada a matéria orgânica e os nutrientes.

Figura 1 - Disposição de uma Estação de Tratamento de Esgoto



Fonte: BRAGA et al., (2005)

3.4.1. Tratamento preliminar

O tratamento preliminar pode ser definido como a etapa em que os sólidos mais grosseiros são removidos por meio de grades ou peneiras, de modo a facilitar a separação para as etapas posteriores (VON SPERLING, 2005). O objetivo da remoção desses sólidos e areia é evitar que ocorram problemas com o transporte dos líquidos e com os sistemas posteriores.

3.4.2. Tratamento primário

O tratamento primário é responsável por separar o material sólido através da sedimentação em decantadores, pois o esgoto flui vagarosamente, permitindo que os sólidos se depositem no fundo das caixas de areia. Esse também tem como objetivo remover os flutuantes, que são menos densos que o esgoto, como óleos e graxas. De maneira geral, segundo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB, 1999), os sólidos retirados devem ser adensados para a realização da secagem posterior e sua disposição em locais adequados.

3.4.3. Tratamento Secundário

O tratamento secundário é constituído por um processo biológico onde a matéria orgânica é consumida por micro-organismos e pode ser decorrente de procedimento aeróbico ou anaeróbico. No sistema aeróbio, os componentes mais utilizados são as lagoas aeradas, filtros biológicos e lodos ativados. Já no método anaeróbico, a decomposição é feita pelos micro-organismos anaeróbicos, composto por lagoas anaeróbicas, tanques sépticos e reatores. Um dos sistemas mais utilizados é o sistema de lodos ativados, onde o esgoto chega em uma caixa de areia, o desarenador e depois é feita a remoção do lodo primário nos decantadores. Após este processo, é feita a junção da massa biológica com os sólidos não sedimentáveis no reator, onde é gerado o lodo secundário (NEVES, 1974).

Segundo VON SPERLING (2005), a remoção da matéria orgânica (DBO) pode ser feita através de diferentes métodos, como as lagoas de estabilização, disposição no solo, lodos ativados, reatores aeróbios com biofilmes e tratamento anaeróbio.

3.4.3.1. Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são um dos processos mais simples e de baixo custo para o tratamento de esgotos e podem ser definidas como corpos de água artificiais, destinados a receber o esgoto sedimentado. (VON SPERLING, 2005)

- Lagoa facultativa: O esgoto permanece na lagoa por vários dias, onde a DBO solúvel é estabilizada pelas bactérias de forma aeróbica e a DBO sedimentável é consumida no fundo de forma anaeróbica. O oxigênio pode ser fornecido de forma natural ou artificial, por algas ou aeradores mecânicos. (VON SPERLING, 2005)
- Lagoa anaeróbica: A DBO é convertida em líquidos e gases de forma anaeróbica em uma lagoa mais profunda e com menor volume. Segundo NUVOLARI (2003) Este processo é mais lento devido ao metabolismo desacelerado das bactérias anaeróbias em relação às demais. De acordo com VON SPERLING, (2005) existe a geração de maus odores caso o sistema não esteja em equilíbrio e recebendo maior vazão do que para a qual foi projetado.
- Lagoas de alta taxa: Geralmente são construídas para maximizar a produção de algas, com profundidades rasas para proporcionar a penetração de luz solar, gerando um

ambiente com alto teor de oxigênio de modo a facilitar a atividade dos micro-organismos.

- Lagoas de maturação: O principal objetivo das lagoas de maturação é a remoção de organismos patogênicos, como os coliformes, com o método de proporcionar condições adversas para os mesmos, como elevado pH, elevado oxigênio dissolvido e predação por outros organismos. (VON SPERLING, 2005)

3.4.3.2. Disposição no solo

Neste método, o esgoto é depositado no solo, fornecendo nutrientes para o crescimento das plantas. A maior parte do líquido é absorvida pelas plantas, e o restante é removido por evaporação e infiltração no solo. Esse método também pode ser feito com a disposição em bacias rasas, naturais ou artificiais, onde não há significativa perda por evaporação e há atuação de plantas aquáticas. (VON SPERLING, 2005)

3.4.3.3. Sistemas anaeróbicos

Os sistemas anaeróbicos podem ser compostos pelos Filtros anaeróbicos e Reatores anaeróbicos de manta de lodo e fluxo ascendente (RAFA ou UASB).

- Filtros anaeróbicos: A DBO é convertida sem a utilização de oxigênio por bactérias aderidas a suportes no reator que são feitos, geralmente, de pedras. O tanque é submerso e o fluxo é ascendente;
- RAFA: De acordo com PROSAB (1999), o Reator RAFA é composto por um separador trifásico e pode realizar várias funções simultaneamente que, em outros métodos de tratamento são realizados em tanques separados. Nele ocorre a sedimentação dos sólidos suspensos e o lodo gerado já se apresenta bem estabilizado no fim do processo, o qual necessita apenas de secagem e descarte. Segundo VON SPERLING (2005), as bactérias são dispersas no reator e a sua parte superior é dividida nas zonas de sedimentação e coleta de gás, dentre eles o gás metano e gás carbônico. O sistema não necessita de decantação primária e o fluxo do líquido é ascendente, passando pelo fundo, onde a matéria orgânica é absorvida pelo leito de lodo. O líquido sai pela parte superior, por meio de vertedores ou tubulações para pós-tratamento e o gás liberado é coletado, onde deve seguir para queima ou purificação.

3.4.3.4. Lodos ativados

O sistema de lodos ativados é caracterizado pela chegada dos esgotos a uma caixa de remoção de areia, onde a biomassa permanece no sistema por mais tempo que o líquido. Isso acarreta em uma boa eficiência na remoção da DBO. Os sólidos são recirculados no fundo do decantador secundário e são ‘devolvidos’ ao reator aerado, para que se possa realizar uma nova digestão da matéria orgânica de forma aeróbica. (VON SPERLING, 2005)

3.4.3.5. Reatores aeróbicos com biofilmes

Os reatores aeróbicos com biofilmes são definidos por NEVES (1974), como um processo em que o efluente é lançado em um leito de material grosseiro, onde o crescimento das bactérias faz uma película sobre o líquido, decompondo a matéria orgânica.

Segundo VON SPERLING (2005), os filtros biológicos também podem conter variações, no caso de utilização dos filtros submersos, que são utilizados, em sua maioria, como pós-tratamento para os RAFA's. Outra variação podem ser os Biodiscos, onde os suportes são dispostos em série, onde giram e alternam entre metade de sua área submersa e metade exposta ao ar.

3.4.4. Tratamento Terciário

O tratamento terciário, conforme descrito por NUVOLARI (2003), é caracterizado por vários sistemas para a desinfecção do efluente, de acordo com características econômicas e de materiais utilizados na remoção de organismos patogênicos. Geralmente, os sistemas mais utilizados são o de tanques de desinfecção à base de cloro, porém, deve-se ter a preocupação com a toxicidade nos cursos d'água destinados a receber o efluente. O ozônio e métodos ultravioletas com o uso de lâmpadas também podem ser implantados, todos com o objetivo de inativar a atuação de organismos patogênicos.

Para VON SPERLING (2005), a decisão da implantação deste tipo de tratamento implica em diferentes fatores, que envolvem os custos, possíveis geração de componentes tóxicos, entre outros aspectos.

3.5. Fontes de odores na Estação de Tratamento de Esgoto

De acordo com CARNEIRO et al. (2009), com o passar dos anos, as reclamações referentes aos odores emitidos pelas Estações de Tratamento de Esgotos (ETE's) têm

aumentado consideravelmente. Este fato se dá pelo desenvolvimento da região, o que leva à necessidade da implantação de novos sistemas de tratamento para atender à demanda crescente. Geralmente, esse problema ocorre pelo planejamento inadequado da urbanização, ou pelo crescimento acelerado da cidade, o que faz com que as ETE's, que, antes eram afastadas, passem a fazer parte do cetro urbano do município.

Segundo BRAGA et al., (2005), os processos de tratamento de resíduos e efluentes produzem odores, que podem causar incômodo às populações adjacentes e contribuir significativamente para a poluição atmosférica.

Os odores em pequenas quantidades e em curtos períodos de tempo podem ser inofensivos à saúde, porém podem causar sintomas como náuseas, incômodos e até mesmo estresse, dependendo da intensidade e do tempo de exposição. (PROSAB, 1999). A Tabela 5 apresenta alguns componentes responsáveis pela emissão de odores, bem como seus limites mínimos de sensibilidade.

Tabela 5 –Compostos da emissão de odores e seus limites de sensibilidade

Composto	Limite de sensibilidade p.p m
Etanol	0,6
Gás sulfídrico	0,0004
Cloro	0,05
Dióxido de enxofre	0,6
Ácido butírico	0,68
Amônia	1,5
Metil amina	0,04
Trimetil amina	0,00003
Metil mercaptana	0,00007
Mercaptanas	0,000003
Indol	0,00001

Fonte –PROSAB (1999)

Considerando os tipos de componentes, dentre todos eles o maior responsável pela emissão de odores em ETE's é o gás sulfídrico (H_2S), que possui características de ovo podre, e pode ser facilmente identificado pelo ser humano em baixa concentração.

3.5.1. Lagoas de estabilização

Segundo LUDIVICE *et al.*(1997), a liberação destes compostos responsáveis pela liberação de odores provém, basicamente da sua concentração nos meios líquidos a serem tratados nas etapas do tratamento, da área superficial destes líquidos em contato com a atmosfera e o fluxo turbulento do fluido.

Nas lagoas de estabilização com funcionamento adequado, de acordo com ANDRADE NETO (1997), os compostos mau cheirosos são gerados no fundo das lagoas, o que não implica em ocorrência de mau cheiro, pois esse lodo não é capaz de chegar à superfície. Porém, no caso de problemas de excesso de vazão ou sobrecarga no casos de lagoas que trabalham com capacidade superior ao seu dimensionamento, esse fato pode ocorrer, gerando o mau odor. Problemas operacionais também podem acarretar na produção de mau cheiro. Segundo TRUPPEL (2002), a sobrecarga em uma lagoa facultativa aumenta significativamente a proliferação de bactérias e, conseqüentemente a demanda de oxigênio, que não é suficientemente contido na água, o que acarreta na morte de plantas e algas e levam à anaerobiose da lagoa, à produção de odor e à redução da eficiência global do sistema.

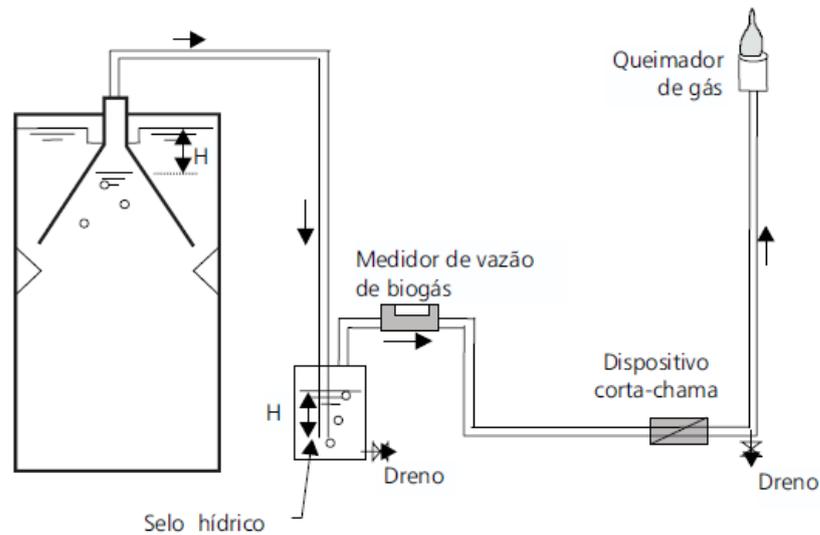
3.5.2. Reatores de fluxo ascendente (RAFA)

Segundo CHERNICHARO (2007), o tratamento anaeróbico está cada vez mais se popularizando no tratamento de efluentes, pois seu custo de implantação é menor e o sistema de tratamento é mais simples. Porém, deve-se verificar a questão do clima, pois as bactérias trabalham melhor em temperaturas mais elevadas.

De acordo com PROSAB (1999), todas as unidades de tratamento de esgoto podem gerar odor, porém as formas de tratamento anaeróbicas, que é o caso dos reatores, apresentam condições mais propicias e potencializam a liberação destes gases.

Conforme descrito anteriormente, os Reatores RAFA separam biogás gerado pela atividade bacteriana dos líquidos e sólidos. O sistema de gases pode conter um compartimento ou o lançamento pode ser feito diretamente na atmosfera. A liberação desses gases de forma excessiva na atmosfera é perigosa, pois além da geração de maus odores, pode ocasionar em riscos de explosão devido ao grau de combustão do gás metano, um dos componentes liberados na mistura de gases. Por esse motivo, o biogás deve ser coletado e, se não for utilizado, deve ser feita a queima, conforme sistema ilustrado na Figura 2.

Figura 2–Sistema de gases de Reatores UASB



Fonte–PROSAB (1999)

Os reatores possuem algumas deficiências, como o monitoramento da emissão de gases. Segundo CHERNICHARO (2007), esses gases são gerados devido à transformação de sulfato em sulfeto de hidrogênio, que é considerado o principal composto responsável pela emissão de odores. Esse gás pode estimular a produção de ácido sulfúrico, podendo corroer as paredes dos reatores, além de ser extremamente tóxico ao ser humano em grandes concentrações.

De acordo com CHERNICHARO (2007), existem alguns fatores que são determinantes para a produção de gás sulfídrico (H_2S) em tratamentos anaeróbicos, dentre elas estão a sobrecarga do esgoto, baixo pH e baixas temperaturas.

De acordo com PROSAB (1999), alguns cuidados operacionais com os Reatores RAFA devem ser tomados para a redução da liberação de maus odores em ETE's:

- Verificação e desobstrução contínua dos dispositivos de alimentação dos reatores;
- Verificação de corrosão nas estruturas do reator e o reparo imediato caso haja ocorrência;
- Destinação adequada para o resíduo sólido gerado pelo tratamento preliminar e do lodo gerado pelo reator anaeróbio;
- Remoção da camada de espuma acumulada na superfície.

3.5.3. Monitoramento do sistema

De acordo com PROSAB (1999), a necessidade de um controle operacional é essencial para o bom funcionamento do sistema e a redução de possíveis problemas. Deve-se estabelecer uma rotina para a limpeza das grades e com uma frequência diária, bem como a remoção da areia no tratamento preliminar deve ser feita regularmente. Também deve ser realizada a medição das características mais importantes na influência anaeróbica, temperatura e o pH, que influenciam diretamente na atividade bacteriana, pois, quanto maior o pH, menos a produção de gás sulfídrico, um dos componentes dos gases mau cheirosos.

Quando se trata de uma Estação de Tratamento de Esgoto, LA ROVERE et.al (2002) apresenta algumas possíveis fontes de odores nas principais etapas do tratamento dos efluentes.

- Gradeamento preliminar: A disposição final e o tratamento inadequado dos materiais removidos pelas barreiras podem gerar maus odores e proliferação de insetos nos locais onde são depositados os subprodutos;
- Remoção de areia: O dispositivo de remoção deve ser localizado em áreas externas e descobertas por haver presença de gases gerados pela decomposição da matéria orgânica junto à areia;
- Decantador: Pode ocorrer o descarte do lodo proveniente do decantador de forma inadequada, o que pode gerar maus odores que indicam a seticidade do esgoto;

3.5.4. Métodos para avaliação de odores

Os odores podem ser identificados por meio de sensores ou equipamentos instrumentais de acordo com a concentração de odorantes. (METCALF e EDDY 1991). Os testes sensoriais identificam as principais características do odor, sua intensidade, níveis de agrado e seus limites de detecção (ZURITA et. al., 1999). A Tabela 6 apresenta alguns métodos analíticos referentes aos compostos presentes no odor.

Tabela 6 – Métodos para análise de alguns componentes odorantes

Compostos	Análise

H ₂ S	Iodométrica
	Gravimétrica
Mercaptanas	Colorimétrica
	Cromatografia gasosa
SO ₂	Gravimétrica
	Cromatografia gasosa
NH ₃	Volumétrica
	Cromatografia gasosa
Aminas	Volumétrica
	Calorimétrica
Aldeídos, cetonas e álcoois	Volumétrica
	Cromatografia gasosa
	Espectometria

Fonte – Adaptado de BELLI FILHO e LISBOA (1998)

- Olfatometria: Análise da avaliação de um júri de pessoas treinadas, referente a estímulos de um odor específico, que leva em consideração os estímulos olfativos humanos para a identificação do odor. (BELLI e LISBOA, 1998). O aparelho utilizado denomina-se olfatômetro, que utiliza uma substância inodora e o júri detecta quando começa o estímulo do odor bem como sua intensidade. (FERNANDEZ 1997)
- Nariz eletrônico: Este método utiliza no lugar do nariz humano, um conjunto de dispositivos eletrônicos que simulam os receptores biológicos do ser humano. A mistura de substâncias contidas no odor e sua intensidade são rapidamente reconhecidas. (FERNANDEZ, 1997)
- Cromatografia: Para ZURITA et al (1999), este método possui maior precisão que os demais, pois contém misturas complexas e de diferentes famílias olfativas, bem como níveis de intensidade do odor abaixo da detecção dos métodos sensoriais.
- Biosensores: Identificam a interação do poluente com o sistema biológico, que podem ser enzimas, DNA e micro-organismos. Porém, sua eficiência é facilmente comprometida por características externas, como a variação de temperatura (TEETAERT, 1999).

3.6. Impactos Ambientais gerados por uma ETE

Conforme a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA)nº 01/86, considera-se impacto ambiental qualquer alteração nas características naturais do meio ambiente, tanto químicas, físicas ou biológicas. Essa alteração é causada pela atividade do ser humano e pode trazer riscos à saúde, segurança, bem estar, etc.

O principal fator relacionado com os impactos em uma ETE está ligado ao descarte dos resíduos de forma inadequada, pois, o processo de tratamento gera uma grande quantidade de subprodutos, como o material gradeado, areia e também são gerados gases como o metano e o gás sulfídrico. (CHAGAS, 2000). A poluição do solo é um fator delicado, pois, não afeta somente o solo, mas também os lençóis freáticos e os principais responsáveis pela contaminação do solo são os aterros sanitários que recebem os resíduos do tratamento do esgoto.

A disposição do efluente no curso d'água, se não adequada, pode gerar a sua contaminação, devido á presença de bactérias nocivas ao meio ambiente, coliformes fecais, entre outros, podendo ocasionar danos às espécies presentes e também a vegetação.

3.6.1. Impactos ao curso d'água

A resolução do CONAMA nº 430/11 estabelece parâmetros para o lançamento do efluente no corpo receptor, aos quais as companhias de saneamento responsáveis pelo tratamento devem obedecer. Para as condições de lançamento, o pH deve estar entre 5 e 9 e a temperatura inferior a 40°C e os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes e sem a presença de materiais flutuantes. A eficiência de remoção mínima deve ser de 60% da DBO presente no efluente.

A resolução do CONAMA nº 357/05, enquadra os corpos d'água doce em classes, o que estabelece o nível de qualidade e os parâmetros a serem alcançados, de forma a garantir a qualidade das águas compatível com o uso para o qual forem destinadas. As classes são definidas como:

- Classe especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e, à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

- Classe 1: abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado, recreação, irrigação de hortaliças proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas;
- Classe 2: abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, recreação, irrigação, aquicultura e atividade de pesca;
- Classe 3: abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, pesca, recreação, dessedentação de animais;
- Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística.

3.6.2. Impactos à atmosfera

No Brasil, ainda não existe uma legislação federal que estabeleça limites aceitáveis de impacto odorante, baseado em procedimentos olfatométricos, o odor não é um poluente regulamentado a nível federal e faltam metodologias e critérios objetivos para enfrentar o problema. De acordo com a unidade federativa, encontram-se legislações ambientais no âmbito estadual e/ou municipal que, tendo em vista a falta de legislação federal específica, são utilizadas nas ações de órgãos ambientais para mediar conflitos entre a população e os responsáveis pelas fontes emissoras.

Quanto à poluição atmosférica, a resolução do CONAMA nº 03/90 considera a poluição do ar todos os padrões de qualidade que são ultrapassados referentes à concentração de poluentes, gerando problemas para a saúde, segurança e bem-estar da população, também podendo ocasionar danos à fauna e flora. Porém, essa lei não impõe parâmetros de controle e qualidade do ar para nenhum composto odorante, o que dificulta a orientação para as empresas quanto às medidas de controle da redução dos incômodos gerados à população. Para SILVA (2007), é complexo colocar em prática medidas para avaliação dos odores devido à elevada subjetividade associada a estes métodos.

Em Minas Gerais, a Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº 11, de 16 de dezembro de 1986, estabelece normas e padrões para emissões de poluentes na atmosfera. No que se refere ao controle de emissões odorantes, o Art.6 apresenta algumas disposições

(MINAS GERAIS, 1986): Art. 6º - As substâncias odoríferas resultantes das fontes abaixo relacionadas deverão ser incineradas em pós-queimadores, operando a uma temperatura 94

mínima de 750°C (setecentos e cinquenta graus Celsius), em tempo de residência mínima de 0,5 (cinco décimos) segundos, ou por outro sistema de controle de poluentes, de eficiência igual ou superior: I - torrefação e resfriamento de café, amendoim, castanha de caju, cevada, e outros; II - autoclaves e digestores utilizados em aproveitamento de matéria-prima; III - estufas de secagem ou cura para peças pintadas, envernizadas ou litografadas; IV - oxidação de asfalto; V - defumação de carnes ou similares; VI - fontes de sulfeto de hidrogênio e mercaptanas; VII - regeneração de borracha.

3.6.3. Métodos para análise dos impactos

TARDIVO (2009) elaborou uma série de questões a serem avaliadas quando à auditoria de uma Estação de tratamento de esgotos, com enfoque para a parte ambiental. Segundo ele, alguns aspectos de maior relevância devem ser analisados, dentre eles a presença de políticas ambientais em conformidade com as legislações e programas e planos de ação para a realização de tal fato.

Outro aspecto analisado por ele é a existência de processos de reciclagem do material gerado pelo sistema de tratamento. Quanto ao recurso hídrico, é proposto analisar a existência de amostras coletadas do corpo receptor após a mistura completa do efluente.

Para o gerenciamento de emissões gasosas, a ETE deve analisar todas as fontes de emissão, a fim de verificar o grau de periculosidade. Também devem ser levados em conta o controle e monitoramento através de coleta de amostras dos gases ou equipamentos e se há presença de reclamações por parte da população vizinha.

3.7. Alternativas para o controle de odores na operação

Segundo LUDUVICE et al (1997), Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, o tratamento de odores pode ser realizado através de processos de tratamento químico e biológico, fatores definidos pelas particularidades da fonte que gera o odor, dentre eles podem ser:

- Colunas de Lavagem: O ar com os componentes odorantes é coletado por meio de exaustores e direcionado a uma coluna de lavagem, onde, a medida que o gás sobe, é dissolvido e oxidado pelos produtos químicos adicionados em uma corrente líquida.

Esse sistema pode ser composto por uma ou mais correntes, variando com a necessidade de retirada de cada componente do odor.

- Colunas de Adsorção: O ar contaminado passa por um meio adsorvente com compostos químicos responsáveis pela oxidação ou inativação das substâncias odoríferas. O mais utilizado é o carvão ativado, devido a sua alta eficiência e baixo custo.

- Biofiltros: Micro-organismos são capazes de oxidarem diversos compostos orgânicos odoríferos em compostos simples não agressivos como CO₂. O bom funcionamento dos biofiltros exige um meio de contato para o crescimento da biomassa bacteriana e suficiente suprimento de ar. O biofiltro é de fácil manutenção, sendo indicado para tratamento de baixas vazões de ar.

- Oxidação Térmica: A oxidação de compostos odoríferos por combustão a temperaturas superiores a 800°C é comum em indústrias ou ETEs que possuem incineradores. O ar utilizado na combustão é misturado com gases oriundos de unidades geradoras de odores. O alto custo deste processo inviabiliza sua implantação apenas para tratamento de odores.

4. METODOLOGIA

4.1. Parâmetros de projeto

Para a identificação da existência de sobrecarga de vazão atendida pela ETE, o que pode ser um motivo de presença de odores, se faz necessário realizar a verificação dos parâmetros utilizados para dimensionamento da mesma com a situação atual.

4.1.1. Projeção populacional

A projeção da população urbana, para o ano de 2017, foi identificada por meio do plano de Saneamento Básico de Varginha, com base nas informações quantitativas de

população coletadas pela Prefeitura Municipal de Varginha e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017).

4.1.2. Vazão doméstica

A vazão doméstica de esgoto foi obtida por meio da Equação 01, com a quota per capita de água identificada pela Tabela 02, através da análise dos valores para cidade média, com consumo de água por habitante de 174,03 litros/dia, fornecidos pelo Plano Municipal de Saneamento Básico de Varginha. O coeficiente de retorno adotado foi de 0,8, conforme indicado pela ABNT: NBR 9649 (1986).

4.1.3. Vazão de dimensionamento

Para a vazão de dimensionamento, foi considerada a Equação 02, com os dados de população encontrados por meio da projeção populacional. Os valores de K1 e K2 foram utilizados conforme a ABNT - NBR-9649 (1986), que recomenda o uso de $K_1 = 1,2$, $K_2 = 1,5$. Para a contribuição de infiltração, o valor adotado foi 0,001 l/s.m. Por fim, a análise referiu-se à comparação da vazão adotada para o projeto da ETE e a vazão calculada. A aquisição de dados foi feita através de um documento elaborado pela Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Sul de Minas Gerais (SUPRAM SM, 2008) a respeito do funcionamento da ETE.

4.2. Caracterização do Sistema de Tratamento de Esgoto

A caracterização do Sistema de Tratamento através do levantamento de dados se faz importante para a identificação das etapas de tratamento de esgoto, os componentes do sistema de tratamento, bem como seu funcionamento adequado para possibilitar a comparação com as características e parâmetros a serem atendidos conforme os órgãos regulamentadores. As informações necessárias para tal análise foram obtidas através visitas ao local de estudo, bem como documentos fornecidos pelas instituições de fiscalização da ETE.

4.3. Identificação da área afetada pelo odor

O odor pode ser identificado pela população conforme a descrição por meio de palavras descritivas, relatando seu reconhecimento pelo sistema olfativo. O método utilizado foi de um questionário aplicado com os moradores dos bairros mais próximos da ETE, com o objetivo de avaliar a incidência destes odores e verificar qual o impacto na saúde e no bem-estar dos habitantes, se assim houver.

4.3.1. Determinação da amostra

O critério da escolha das amostras foi determinado pelo número de residências localizadas em um raio de 900 metros da ETE, entrevistando casas em diferentes pontos de cada um dos três principais bairros. Essas informações podem ser identificadas pela Figura 3, através do Software Google Earth.

Figura 3 – Localização dos bairros a serem avaliados



Fonte – Google Earth (2018)

Na estimativa do número de casas ao longo da distância determinada, chegou-se ao valor de 2.437 unidades residenciais. Utilizando uma amostra de 5% do total, o número de entrevistas foi fixado em 120 residências, dividindo-se em 40 residências por bairro e utilizando o critério de aleatoriedade na escolha das mesmas.

4.3.2. Pesquisa de campo

Os questionamentos foram aplicados no período de um dia, e um representante de cada residência receberá um questionário, identificado no Quadro 1.

Quadro 1–Questionário

Nome:	
Idade:	
Endereço:	
Distância Aproximada da ETE:	
Tempo de moradia no local:	
1. No imóvel existem:	
<input type="checkbox"/> Ligação de água <input type="checkbox"/> Ligação de esgoto <input type="checkbox"/> Fossa <input type="checkbox"/> Drenagem pluvial	
2. Quanto aos serviços de atendimento e manutenção prestados pela empresa de saneamento:	
<input type="checkbox"/> Não existe <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Satisfatório <input type="checkbox"/> Ruim	
3. Quanto aos impactos negativos as identificados pela instalação da ETE:	
<input type="checkbox"/> Proliferação de insetos <input type="checkbox"/> Mau cheiro <input type="checkbox"/> Restrições no uso de cômodos na residência <input type="checkbox"/> Doenças <input type="checkbox"/> Desvalorização de imóveis	
4. Quanto à frequência na percepção do odor:	
<input type="checkbox"/> Dia todo <input type="checkbox"/> Manhã <input type="checkbox"/> Tarde <input type="checkbox"/> Noite	
5. Quanto ao período de incidência do odor:	
<input type="checkbox"/> Ano todo <input type="checkbox"/> Ocasionalmente <input type="checkbox"/> Meses quentes <input type="checkbox"/> Meses frios	
6. Como caracteriza o cheiro proveniente da ETE?	
<input type="checkbox"/> Mofo (esgoto fresco) <input type="checkbox"/> Ovo podre (esgoto séptico) <input type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/> Produtos podres (matéria fecal)	
7. Quanto à existência de doenças causadas pelo odor:	
<input type="checkbox"/> Irritação nos olhos <input type="checkbox"/> Doenças respiratórias <input type="checkbox"/> Outros <input type="checkbox"/> Dores de cabeça <input type="checkbox"/> Diarréia e vômito <input type="checkbox"/> Inexistente	
8. A empresa tomou alguma providência para o controle ou redução dos impactos sociais negativos?	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Não sabe	

4.4. Métodos de avaliação de odores

Após obter os dados de caracterização do esgoto, foi feita uma avaliação para identificação e qualificação dos odores gerados, por meio de visitas ao local de estudo, bem como os métodos atuais implantados para correção do problema. Os critérios a serem avaliados são a identificação, mediante visita técnica, do funcionamento adequado e da manutenção dos sistemas de tratamento, também pelas informações obtidas pelos funcionários que farão o acompanhamento da visita.

Para análise dos possíveis odores nas unidades, foram avaliadas a frequência de limpeza e manutenção das unidades de tratamento preliminar e as análises e testes laboratoriais, a fim de identificar o acúmulo de material orgânico, que, dependendo do tempo de retenção, podem gerar odores desagradáveis devido à seticidade dos sólidos presentes. Também foi verificada a presença do controle da vazão afluente através de equipamentos, a fim do monitoramento da vazão para a verificação da existência de sobrecarga de esgoto.

Nas unidades de tratamento, deve ser avaliada, no caso de Reatores RAFA, a presença de corrosão e indícios de vazamento, o que pode comprometer a coleta adequada para o tratamento dos gases. Também deve ser feita a análise de monitoramento quanto às emissões gasosas por meio de equipamentos ou análises laboratoriais, bem como os métodos utilizados para o tratamento do biogás. A avaliação da ocorrência de odores também pode ser identificada pela população, através do questionário apresentado no Quadro 1.

4.5. Identificação dos impactos

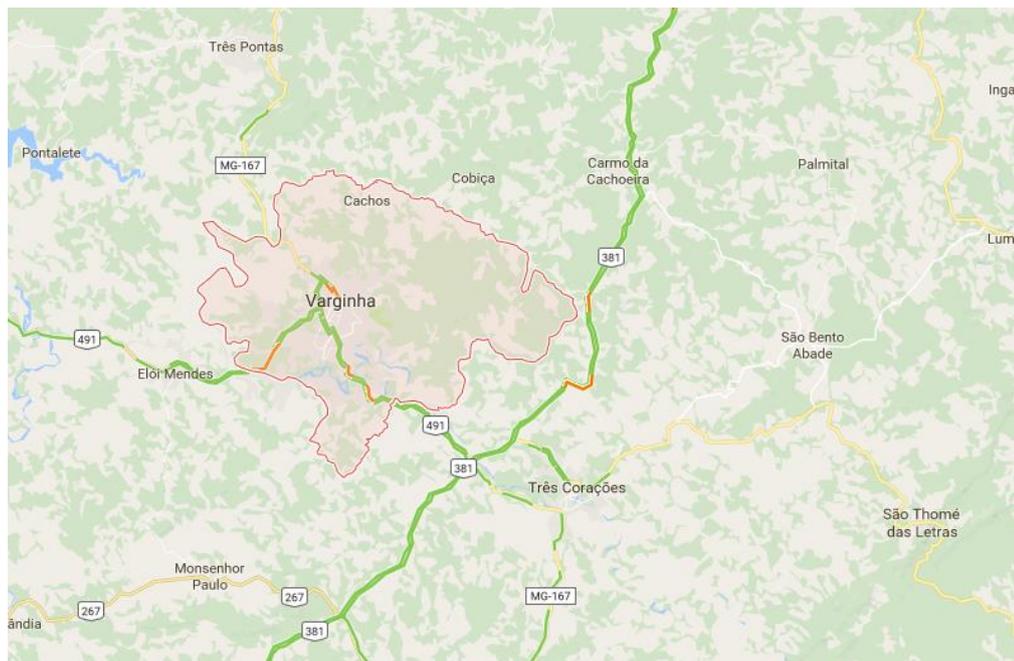
A análise dos impactos foi realizada conforme a identificação dos métodos adotados pela ETE, de forma a garantir a disposição final adequada dos resíduos, bem como a análise da presença de monitoramento por parte da companhia de saneamento quanto ao controle de emissão de gases e disposição de materiais no solo e no corpo hídrico.

5. DIAGNÓSTICO E RESULTADOS

5.1. Estudo de caso

O local de estudo é a cidade de Varginha, localizada no Sul de Minas Gerais, cujo perímetro pode-se identificar na Figura 4. Varginha faz parte da Sub Bacia do Rio Verde e equidistante às três principais capitais do Sudeste do Brasil, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico de Varginha, o solo da região é propício às atividades de cafeicultura e agricultura em geral e as estações do ano são bem definidas. A temperatura no Município tem uma média anual de 20° C, podendo alcançar temperaturas próximas de 0° C no inverno.

Figura 4 – Mapa de Varginha



Fonte – Google Maps (2017)

A Estação de Tratamento de Esgoto Santana é de responsabilidade da Companhia de Saneamento encarregada de fazer o tratamento do esgoto do local e situa-se em área urbana, instalada há 16 anos no local, cuja localização encontra-se, principalmente, próxima aos Bairros Centenário, Damasco e Rezende. A localização em relação ao centro de Varginha pode-se identificar na Figura 5, tendo o Rio Verde como corpo receptor do esgoto tratado.

Figura 5–Localização da ETE Santana



Fonte – Google Maps, 2017

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população total de Varginha no ano de 2010 era 123.081 habitantes, sendo estimada para o final de 2016 com 133.384 habitantes. No Quadro 2, elaborado com informações do IBGE, pode-se analisar os dados, sintetizados para melhor entendimento.

Quadro 2 – Dados populacionais de Varginha

Quadro populacional de Varginha		
	Ano	Habitantes
1	1991	88.022
2	1996	99.611
3	2000	108.998
4	2007	116.093
5	2010	123.081
6	2017	133.387

Fonte – Autor

5.2. Parâmetros de projeto

Segundo a Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Sul de Minas Gerais (SUPRAM SM, 2008), a ETE foi projetada para a capacidade de tratamento de 248,51 litros por segundo para o ano de 2017 e 65% da população de Varginha, podendo atender uma população para fim de plano, prevista para 2017, de 105.257 habitantes.

5.2.1. Projeção populacional

Segundo a Prefeitura Municipal de Varginha, por meio do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2014), a projeção da população urbana varginhense encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Projeção da população urbana de Varginha

Ano	População
2013	123.948
2014	125.621
2015	127.316
2016	128.642
2017	129.981
2018	131.334
2019	132.701
2020	134.082

Fonte – Adaptado do PMSB de Varginha (2014)

Como a ETE possui seu fim de plano para 2017, a população utilizada é de 129.981 habitantes. A população atendida pela ETE é de 65% da população total da cidade de Varginha, obtendo-se o número de 84.488 habitantes.

5.2.2. Vazão de esgoto

$$Q_{dm} = \frac{Pop \times QPC \times R}{86400} (l/s)$$

$$Q_{dm} = \frac{84.488 \times 174,03 \times 0,8}{86400} (l/s)$$

$$Q_{dm} = 136,14 (l/s)$$

5.2.3. Vazão de dimensionamento

De acordo com o relatório de fiscalização da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais, (ARSAE-MG, 2013), o comprimento da rede emissária da ETE é de 600 metros, portanto, considerando 0,001 l/s. a cada metro de contribuição de infiltração, ao fim da rede se alcança o valor de 0,6 l/s.

Para a vazão de dimensionamento da ETE, se obtém:

$$Q_f = (K_1 \times K_2 \times Q_f) + I \text{ (l/s)}$$

$$Q_f = (1,5 \times 1,2 \times 136,14) + 0,6 \text{ (l/s)}$$

$$Q_f = 245,6 \text{ l/s}$$

Com base na informação de que a Estação de tratamento de Esgotos foi projetada para atender a uma vazão de 248,51 l/s, constata-se que não ocorre sobrecarga de vazão na ETE, porém, pode-se verificar que ela se encontra próxima a exceder sua capacidade de tratamento, como pode-se constatar, também, analisando a tabela 8.

Tabela 8 – Principais características da ETE

Final de etapa	População (hab)	Qmédia (l/s)	Qmáx (l/s)
1ª etapa (2007)	78815	127,71	201,80
1ª etapa (2017)	105257	170,56	249,51

Fonte – COPASA (2017)

5.3. Identificação da área afetada

Todas as pesquisas realizadas se encontram no Apêndice A. Num total de 40 entrevistados por bairro, pode-se identificar pela Figura 6, que a maioria dos entrevistados conhece a Companhia de Saneamento e a existência da ETE próxima ao bairro por possuírem ligação de água e esgoto.

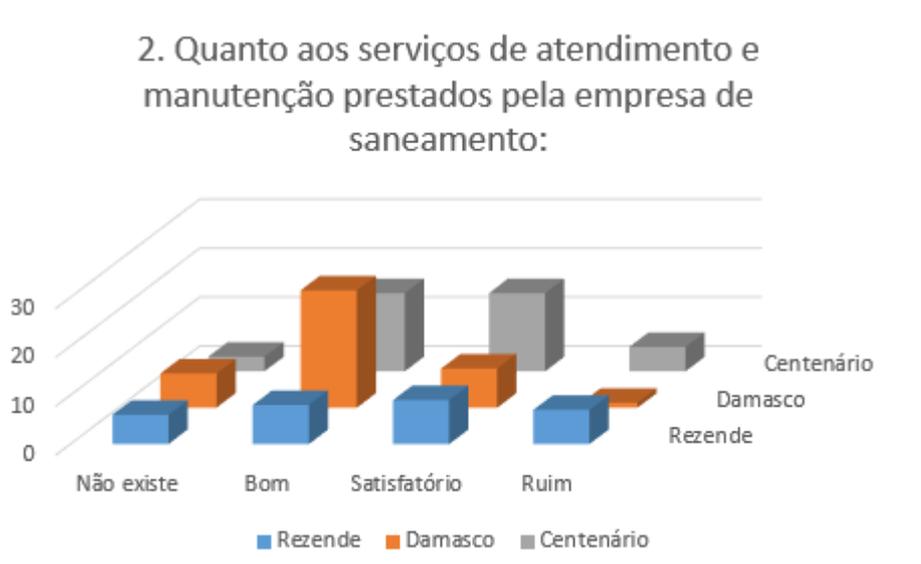
Figura 6 – Identificação dos serviços de saneamento



Fonte – Autor (2018)

Quanto à avaliação da qualidade dos serviços de saneamento prestados, pode-se considerar que no bairro Damasco, a satisfação é maior com relação aos outros, que, de forma geral, as opiniões encontram-se distribuídas.

Figura 7 – Avaliação dos serviços de saneamento

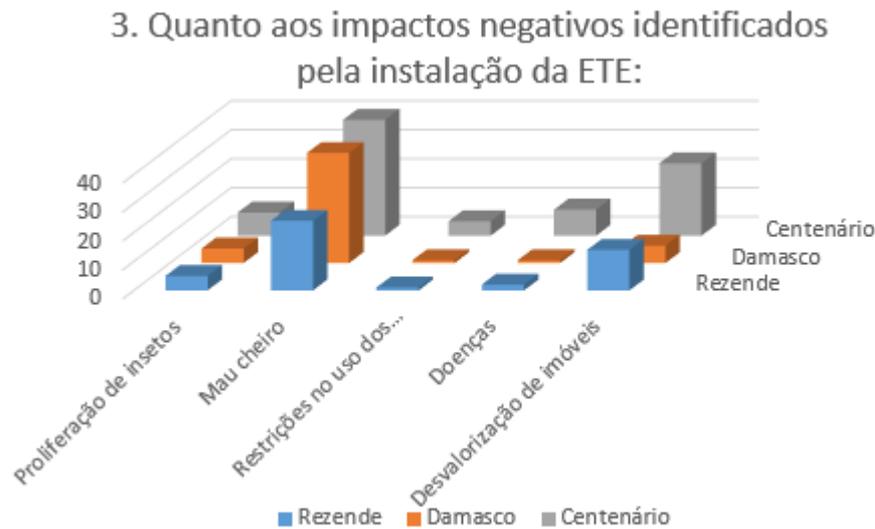


Fonte – Autor (2018)

Apenas em se analisar a Figura 8, nota-se clara a percepção da população de maus odores provenientes da operação de tratamento, além do problema da desvalorização de imóveis,

principalmente no bairro Centenário, que encontra-se mais próximo à ETE comparado aos outros dois bairros.

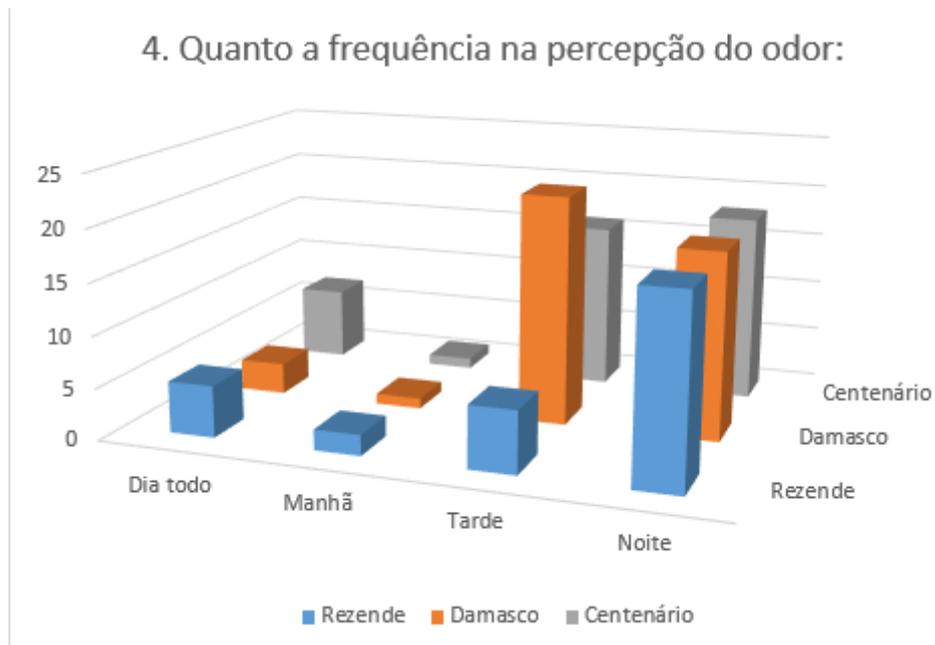
Figura 8 – Impactos identificados pela população



Fonte – Autor (2018)

Outra informação obtida pelos moradores, presente na Figura 9, é que a proliferação dos odores ofensivos se inicia, em sua maioria, na parte da tarde, estendendo-se ao período da noite, onde o odor aumenta significativamente. Lembrando-se que os moradores poderiam marcar mais de uma opção.

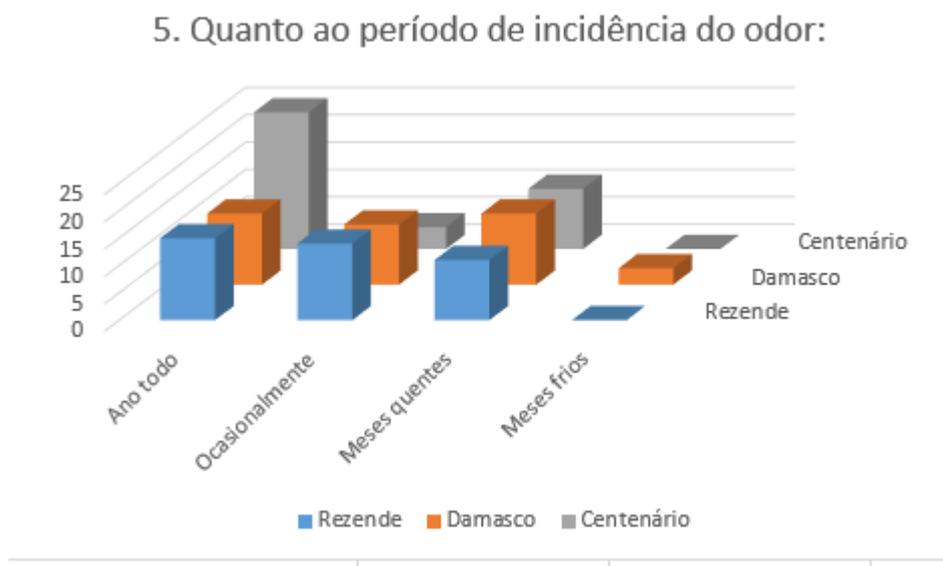
Figura 9 – Frequência de percepção do odor



Fonte – Autor (2018)

Observando a Figura 10, é possível concluir que a decorrência do mau cheiro se distribui durante o ano, porém se reduz em meses frios, onde a ocorrência de chuvas é menor. No bairro Centenário, de localização mais crítica, a percepção, em sua maioria, está presente o ano todo.

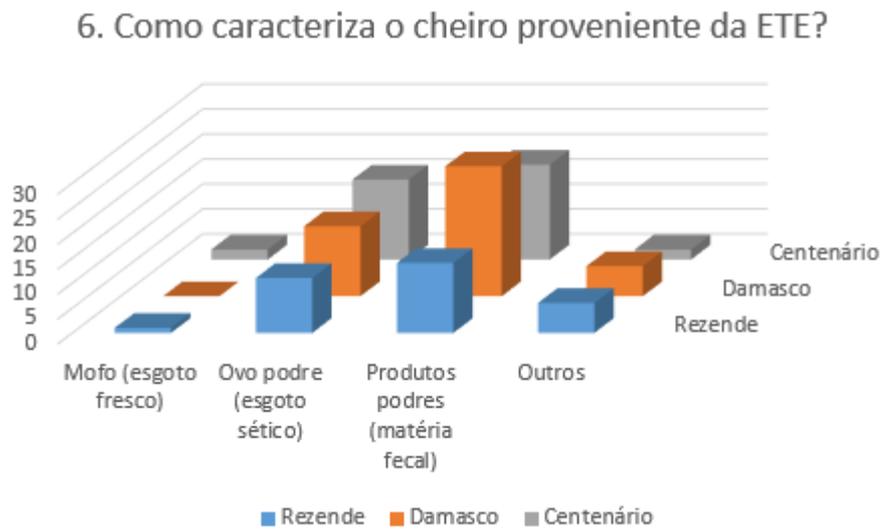
Figura 10 – Período de incidência do odor



Fonte – Autor (2018)

Referindo-se à caracterização do odor, segundo a Figura 11, a maioria dos entrevistados identifica o cheiro comparando-se a produtos podres e ovo podre, o que indica a possível existência de esgoto séptico nas unidades operacionais da ETE.

Figura 11 – Caracterização do odor



Fonte – Autor (2018)

A exposição contínua aos fortes odores, podem causar impactos na saúde humana, como relatado pelos moradores. Na Figura 12, pode-se identificar que, apesar da maioria da população entrevistada não constatar doenças referentes ao problema, nos três bairros há uma quantidade significativa de pessoas que sofreram ou sofrem de dores de cabeça e doenças respiratórias atribuídas ao mau odor.

Figura 12 – Patologias identificadas pela população

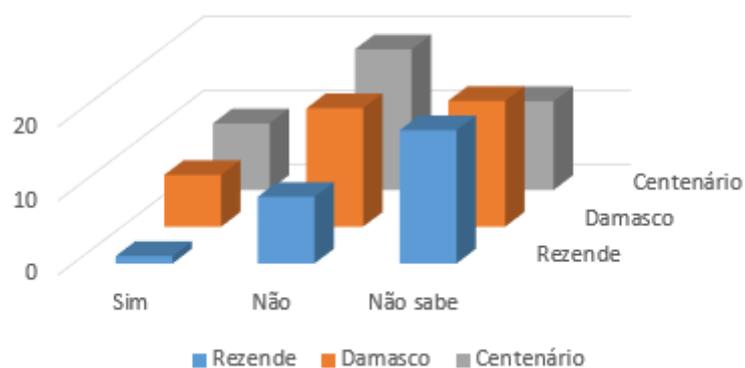


Fonte – Autor (2018)

Quanto às medidas que a companhia de saneamento vem tomando, os moradores em sua minoria responderam que acreditam que alguma medida foi tomada para a redução do impacto odorante presente nas proximidades dos bairros, como pode-se analisar na Figura 13. No bairro Centenário, a maioria dos entrevistados relatou que não percebeu melhora do problema ao longo dos anos.

Figura 13 – Identificação de melhorias

8. A empresa tomou alguma providência para o controle ou redução dos impactos sociais negativos?



Fonte – Autor (2018)

5.4. Caracterização do sistema

O sistema existente, segundo informações coletadas na Companhia de Saneamento, é caracterizado pelo sistema separador, onde o esgoto para tratamento é separado do sistema de drenagem de águas pluviais. A ETE trata o esgoto de 65% da população total de Varginha, funcionando 24 horas por dia. O esgoto chega em um local fechado por alvenaria e com cobertura feita por telhas de fibrocimento, que possui medidor de vazão eletromagnético. A análise laboratorial é realizada diariamente, sendo feitos testes para controle de temperatura, pH e sólidos sedimentáveis.

5.4.1. Tratamento preliminar

O tratamento preliminar é composto pelo gradeamento fino mecanizado, para separação dos sólidos grosseiros do esgoto, conforme identificado na Figura 14. Segundo informações do funcionário, o local onde ocorre esse processo já foi motivo de muitas reclamações de fortes odores, pois era desprovido de cobertura, o que não mais acontece. A limpeza do local é feita pela retirada diária dos sólidos, que são destinados a um aterro sanitário localizado próximo à ETE.

Figura 14 – Gradeamento preliminar



Fonte – Autor (2017)

5.4.2. Tratamento primário

O esgoto, já separado pelo gradeamento, segue para o sistema de retirada de areia e, posteriormente, bombeado para o tratamento secundário. A estação elevatória é composta por duas bombas, que aparentam estar em perfeito funcionamento.

5.4.3. Tratamento secundário

O tratamento secundário é constituído, atualmente, por 5 reatores de fluxo ascendente de manta e lodo (RAFA), como apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Características dos Reatores

Características Físicas dos reatores					
ETE	nº de módulos	Comp. (m)	Largura (m)	Altura (m)	Vol (m³)
1ª etapa (2007)	4	29,00	12,20	5,80	1940,04
1ª etapa (2017)	5	29,00	12,20	5,80	1940,04

Fonte – COPASA (2017)

Neles foram identificados sérios problemas de corrosão nas lajes feitas por concreto armado (Figuras 15 e 16), inclusive o rompimento de uma das lajes. Segundo o funcionário da companhia, esse fato ocorre frequentemente, sendo necessárias muitas reparações nos reatores, concluindo-se que há excesso de gases corrosivos nos reatores.

Figura 15 – Sistema de Reatores RAFA



Fonte: Autor (2017)

Segundo informações coletadas na ETE, em períodos de chuvas, o problema com odores se torna maior, pois existem muitos problemas com ligações de redes pluviais clandestinas, que sobrecarregam os reatores e reduzem significativamente o desempenho dos mesmos. Essa informação é confirmada pelo Plano Municipal de Saneamento de Varginha, onde se afirma que as principais deficiências no sistema de esgotamento sanitário da cidade estão relacionadas às ligações clandestinas de rede pluvial presentes em esgoto e, vice-versa. Os problemas identificados são solucionados, porém ainda existem muitos pontos de difícil identificação.

Figura 16 – Corrosão e destruição da laje de um dos Reatores



Fonte – Autor (2017)

Além do escape dos gases ocasionados pela danificação das lajes, impedindo a coleta dos gases responsáveis pela poluição atmosférica e pelos problemas de odores, acontece a entrada de ar nos reatores, cujo processo de tratamento não prescreve a presença de ar, podendo alterar a atividade bacteriana para aeróbica.

Isso pode impactar em todo o processo do sistema de tratamento, pois o reator pode funcionar como uma lagoa de estabilização, porém este não é seu objetivo de funcionamento, para o qual não foi dimensionado e, o esgoto pode estar sendo tratado de forma errada, como o tempo em que o mesmo deve permanecer no reator. Além disso, o esgoto destinado às lagoas deve receber um tratamento primário diferente, onde são retirados sólidos, óleos e graxas, etc., o que não necessita necessariamente de ser feito para o esgoto tratado pelo reator anaeróbico.

Os problemas podem ser constatados conforme as patologias analisadas durante a visita ao local, e é possível afirmar que existem grandes deficiências no sistema de monitoramento por parte da ETE, que não realiza de forma adequada o controle e a manutenção dos reatores.

5.4.4. Tratamento dos subprodutos da ETE

O lodo gerado nos reatores é encaminhado para leitos de secagem, onde são desidratados e, posteriormente, encaminhados para uma vala de aterros situada no terreno da própria ETE, como identificado na Figura 17. Segundo a companhia, a periodicidade de limpeza dos leitos é de 6 meses.

Figura 17 – Leitos de secagem do lodo



Fonte – Autor

O tratamento do biogás é feito a partir da coleta, onde passam por um sistema afogado, para evitar o retorno do gás. Após a coleta, é realizada a queima dos gases, como pode-se analisar na Figura 18.

Figura 18– Queima dos gases gerados pelos Reatores



Fonte – Autor

5.5. Impactos identificados

O principal objetivo da ETE é tratar o esgoto antes do seu lançamento do curso d'água, o que torna principal impacto gerado um impacto positivo ao meio ambiente. Porém, devem ser considerados os requisitos mínimos para o lançamento dos efluentes no corpo receptor, bem como o tratamento dos resíduos gerados no tratamento.

5.5.1. Análise da eficiência da ETE

Segundo o Programa Municipal de Saneamento de Varginha, o Rio Verde enquadra-se na Classe 2, segundo a resolução do CONAMA, cujos parâmetros apresentam-se na Tabela 10.

Tabela 10 – Parâmetros para rios Classe 2

Parâmetros	Unidade	Valor máximo
Cloreto total	mg/L	250
DBO	mg/L	Até 5
Fósforo total	mg/L	0,1
Nitrato	mg/L	10
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,5 a 3,7
Óleos e graxas	uH	virtualmente ausentes
Oxigênio dissolvido	mg/L	> 5
pH	-	6 a 9
Sulfeto dissolvido	mg/L	0,002
Turbidez	uT	100
Coliformes termotolerantes	NMP/ 100 mL	1000
Cianobactérias	células/ mL	50.000

Fonte – CONAMA (2005)

A ETE não forneceu a identificação dos parâmetros obtidos pela análise laboratorial das águas do rio, porém, o Plano Municipal de Saneamento de Varginha apresenta análises de subtrechos, feitas pela companhia de saneamento, à montante e à jusante da ETE Santana, apresentados na Tabela 11, utilizando valores médios obtidos nos meses 04, 06 e 08 de 2013.

Tabela 11 – Parâmetros na ETE Santana

Parâmetros	Unidade	Montante	Jusante
Temperatura ambiente	C	15	15
Temperatura da amostra	C	18	18
Cloreto total	mg/L	2,5	3
DBO	mg/L	1,4	4,7
DQO	mg/L	8,4	15,7
Fósforo total	mg/L	0,127	0,292
Nitrato	mg/L	0,2	0,2
Nitrogênio amoniacal	mg/L	0,06	0,85
Óleos e graxas	uH	1,84	2,41
Oxigênio dissolvido	mg/L	7,61	7,7
pH		7,34	7,42
Sulfeto dissolvido	mg/L	< 0,005	< 0,005
Turbidez	uT	24,3	37,6

Fonte – PMSB Varginha (2014)

Com a análise dos dados, pode-se constatar que, em sua maioria, os parâmetros respeitam os limites impostos pelo CONAMA, com relação aos requisitos de qualidade para rios de Classe 2, que é o caso do Rio Verde

5.5.2. Análise dos resíduos gerados

Após o tratamento, o lodo gerado pelos reatores é encaminhado a um aterro que também recebe o material coletado pelas unidades de gradeamento e desarenação. O sistema de monitoramento de resíduos sólidos pode ser identificado na Tabela 12.

Tabela 12 – Produção de lodo por leitos de secagem

Quant.	Comprimento (m)	Largura (m)	Produção lodo (m³/mês)	Total (m³/mês)
6	15,00	7,00	9,70	58,20

Fonte – COPASA (2017)

Pôde-se identificar a ocorrência de vazão dos gases diretamente para a atmosfera em dois reatores, pelo fato das lajes de proteção estarem corrompidas. Segundo informações da própria companhia e análise das pesquisas realizadas com os moradores, há ocorrência de

reclamações por parte da população vizinha. Segundo a COPASA (2017), a estimativa da produção de biogás para ETE Santana se obtém da seguinte forma:

$$PCH_4 = 0,35\text{m}^3 \text{CH}_4 / \text{kg DBO} \times \text{dia}$$

$$\text{Carga orgânica diária para vazão média} = 6661,32 \text{ kg DBO} / \text{dia}$$

$$PCH_4 = 0,35\text{m}^3 \text{CH}_4 \times 6661,32\text{kg DBO}/\text{dia} \times 0,7$$

$$PCH_4 = 163,02 \text{ m}^3/\text{dia}$$

6. ANÁLISE DAS VARIÁVEIS IDENTIFICADAS

Depois de realizado o estudo com a população e a visita ao local, é possível fazer uma síntese das informações identificadas nas etapas da metodologia de trabalho e, com isso, apresentar a correspondência das informações obtidas na literatura, aplicada à visita feita no local, para que se possa entender os resultados obtidos.

Essa análise é necessária para que seja possível a apresentação de diretrizes eficazes tanto para as estações de tratamento, quanto para a população de seu entorno, baseadas no que foi analisado durante as etapas de estudo.

6.1. Percepção do impacto com relação à localização das residências

Através da análise da localização da ETE com relação aos bairros estudados, pode-se perceber que grande parte dos entrevistados, nos três bairros localizados em aproximadamente 1 km da ETE, pôde identificar o mau cheiro como o principal incômodo atribuído a sua instalação. Percebe-se que a distância dos bairros influencia também na percepção dos moradores, sendo que, à medida que a distância entre as casas e a estação diminui, ocorre uma percepção mais intensa do odor pela população.

O bairro Centenário é o que está localizado mais próximo à unidade operacional, o que impacta diretamente no incômodo gerado na região, explicando-se pelo fato de que a maioria da população residente deste bairro sente os efeitos do mau cheiro o ano todo.

O incômodo chega a gerar também um problema de desvalorização da região, o que acarreta numa depreciação dos imóveis dos moradores, os quais afirmam também que não há interesse por parte dos comerciantes e órgãos públicos na instalação de supermercados, açougues e farmácias na região, dificultando a facilidade de acesso de compra dessa população, que tem que se deslocar para outros lugares se quiserem adquirir seus produtos de higiene, alimentação, entre outros.

Analisando-se o bairro Damasco, alguns moradores afirmaram nunca terem sentido os incômodos olfativos, o que leva à conclusão de que esses incômodos se dissipam em alguns locais, conforme a distância se eleva.

6.2. Ligações pluviais na rede de esgoto e suas consequências

Com as entrevistas, foi possível perceber que um número notável de casas, nos três bairros, não possui drenagem de água pluvial adequada, o que acarreta no lançamento inadequado dessa água na rede de esgoto. Essa água acaba sobrecarregando a tubulação, podendo causar transtornos de retorno de esgoto, assim como também pode sobrecarregar o sistema de tratamento.

Quanto às informações adquiridas na visita ao local, os responsáveis também afirmam que esse é um dos grandes problemas que enfrentam no processo de tratamento, pois não há como ter um controle eficiente dessas ligações clandestinas, dependendo diretamente da conscientização da própria população. Tais ligações inadequadas afetam significativamente o processo de tratamento do esgoto, pois podem sobrecarregar a vazão dos reatores em períodos de chuvas intensas, os quais foram projetados apenas para receber a vazão de esgoto.

Além disso, a água da chuva não contém o alimento necessário para as bactérias que decompõem o esgoto poderem exercer sua função, prejudicando o processo de tratamento e aumentando o tempo de detenção do esgoto nos reatores, o que acarreta no aumento de odores gerados e na qualidade do esgoto tratado. Isso se justifica também a percepção de alguns moradores do mau cheiro em meses quentes, com maior intensidade, onde o índice de chuvas é maior.

6.3. Caracterização do cheiro e seus indícios de gases liberados

Os componentes odorantes presentes no biogás gerado pelo processo de tratamento possuem diferentes características, podendo indicar o aspecto do esgoto que pode estar presente e gerando esse odor, e assim, identificar em qual das etapas do tratamento está o problema maior, de acordo com a identificação do odor liberado.

Em sua maioria, os moradores caracterizam o cheiro como de ovo podre, seguido por produtos podres, o que indica a presença de gás sulfídrico, o maior responsável pelo mau cheiro e o mais fácil de identificar em pequenas quantidades, gerado no processo de tratamento de esgoto. Quanto mais tempo o esgoto permanece nas unidades de operação, mais séptico se torna e, como consequência, maior é a liberação de tais gases, principalmente o gás sulfídrico.

Pode-se atribuir esse problema também, aos reatores danificados, pois esses gases são altamente corrosivos e precisam ser monitorados com frequência. Com a corrosão das

unidades, ocorre a alteração do método de tratamento de anaeróbico para aeróbico, fazendo com que o esgoto permaneça mais tempo em processo de tratamento e liberando o gás responsável pelo cheiro “podre”, que indica que esse material está mais tempo do que deveria.

6.4. Patologias ocasionadas pelo odor

Analisando o questionário, identifica-se que alguns moradores reclamaram de dores de cabeça, principalmente, atribuídas ao impacto odorante. Em tratamentos com reatores RAFA, esses gases são gerados devido à transformação de sulfato em sulfeto de hidrogênio, que é considerado o principal composto responsável pela emissão de odores. Esse gás pode estimular a produção de ácido sulfúrico, extremamente tóxico ao ser humano em grandes concentrações.

Com isso, seria interessante ressaltar uma possível política de monitoramento para essa população, para identificar se essas doenças se permanecem, em quais períodos elas se tornam mais frequentes, para que se possa identificar se há excesso de gases liberados e qual seu impacto para a vizinhança.

6.5. Medidas de melhoria tomadas pela companhia

Ao serem questionados se houver melhorias com relação aos odores liberados pela ETE, poucos moradores relataram que perceberam uma diminuição representativa dos problemas com o mau cheiro, o que pode-se atribuir ao fato da ETE, em alguns anos, ter providenciado a cobertura das unidades de tratamento preliminares que anteriormente eram descobertas, porém, essa medida não foi suficiente, dado confirmado pela maioria da população do entorno ter afirmado não perceber melhorias com o passar dos anos.

6.6. Problemas de manutenção e seus efeitos

Como apresentado na literatura, a manutenção adequada das unidades operacionais de uma Estação de tratamento de esgotos é fundamental para se evitar maiores problemas de liberação de odores. A sobrecarga do esgoto, baixo pH e baixas temperaturas influenciam diretamente a produção de gás sulfídrico (H_2S) em tratamentos anaeróbicos.

Para que isso não ocorra, alguns cuidados operacionais devem ser tomados, como a desobstrução contínua dos dispositivos de alimentação dos reatores, monitoramento e reparo imediato de corrosão, o que percebe-se pelos registros da visita, que não ocorre de forma adequada, pois, dois reatores apresentam problemas severos de corrosão há um tempo, sem o reparo necessário para seu funcionamento, fazendo com que liberem os gases diretamente na atmosfera, tornando-se o principal problema de odor encontrado.

A destinação adequada para o resíduo sólido gerado pelo tratamento preliminar e do lodo gerado pelo reator, bem como a limpeza frequente das unidades preliminares do tratamento também são medidas de manutenção importantes. Em condições atuais, a limpeza dos resíduos preliminares é feita diariamente, porém a limpeza dos leitos de secagem é feita de 6 em 6 meses, o que, em alguns períodos, principalmente de chuvas, pode não estar sendo suficiente, devido ao fato de não se encontrarem localizados em ambientes cobertos.

6.7. Controle do pH e temperatura do esgoto

Outra variável importante, é o controle frequente da medição do pH e temperatura do esgoto não tratado, pois, quanto maior o pH, menor a produção de gás sulfídrico, principal agente corrosivo dos reatores. Em baixas temperaturas, o processo de tratamento torna-se mais lento e pode gerar mais gases. Assim, encontra-se uma incoerência com os dados obtidos com as entrevistas, pois constatou-se que os meses mais frios, ou seja, com menores temperaturas, são alvos de menores queixas de maus odores da população, o que pode indicar que não há problemas quanto ao controle de tais variáveis.

7. DIRETRIZES E ORIENTAÇÕES PARA O CONTROLE DE ODORES EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

No Brasil, ainda não há políticas específicas e eficientes para o controle de incômodos olfativos para que haja uma regulação de emissões odorantes. Assim, ocorrem diversos obstáculos que a impedem de proteger adequadamente a população e os proprietários e operadores das instalações envolvidas. Na abordagem em questão, as condições que determinam se existe ou não o incômodo não são claramente definidas, sujeitas a interpretações variadas.

Com base no que foi analisado durante a pesquisa, é possível concluir que a geração de maus odores pode estar ligada a vários fatores e, com essa análise, tem-se como objetivo orientar os responsáveis pela implantação de um sistema de tratamento, baseando-se no controle de odores e o grupo técnico que trabalha na operação e manutenção da rede de esgoto sanitário e da estação de tratamento de efluentes, a estabelecer uma rotina que permita avaliar o desempenho do processo e a necessidade de ações de melhoria.

Assim, espera-se que este trabalho possibilite estabelecer, não somente uma rotina de operação eficaz da Estação de Tratamento de Efluentes, como também orientações baseadas no bem estar da população dos arredores de sua instalação. Por meio do bom gerenciamento do sistema de captação e tratamento dos resíduos da unidade, espera-se que sejam efetivamente praticados os princípios da responsabilidade social com os quais as empresas se comprometem em sua política, fundamentadas na sustentabilidade de suas ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação, para que se possa adotar medidas realmente eficientes para benefício de ambas as vertentes.

7.1. Medidas de responsabilidade com a população vizinha

Inicialmente, antes de qualquer intervenção de porte semelhante ao objeto de estudo, é preciso analisar o local de instalação, bem como as características da população vizinha, se há instalações como hospitais e escolas nas proximidades para que se possa identificar quais critérios são mais relevantes e as medidas que devem ser tomadas no controle da emissão de odores.

7.1.1. Distância mínima apropriada

De acordo com os estudos, conclui-se que deve haver uma distância mínima de separação entre a ETE e a população, para que os odores se dissipem na atmosfera antes que sejam identificados e se tornem um incômodo. Inicialmente, é de responsabilidade do município realizar um controle e uma distribuição adequada da urbanização, para que não ocorra problemas de localização. Por parte da empresa responsável pela operação da ETE, recomenda-se apresentar uma justificativa da localização proposta, por meio de estudo de alternativas locacionais, avaliando a viabilidade técnica, econômica e ambiental, de forma a garantir também o bem estar da população vizinha. Para que as emissões se dissipem antes de chegar a tais receptores, a distância mínima recomendada nas diretrizes para elaboração de projetos de sistema de esgotamento sanitário (SANEPAR, 2017) é de 500 metros.

Em até 900 metros de distância da ETE, ainda há muitos moradores que informam se sentirem prejudicados pelos incômodos da sua instalação, porém o número de queixas se reduz conforme a distância se aproxima dos pontos mais distantes analisados. Assim, constata-se que a distância técnica recomendada não é suficiente, devido as condições inadequadas, então sugere-se que a distância entre as unidades habitacionais e a ETE seja superior a um quilômetro. Adotando-se uma medida de segurança, pode-se chegar a uma distância segura de 1,5 quilômetros.

7.1.2. Programas de controle de patologias ocasionadas pela emissão de odores

O H₂S em excesso pode irritar os olhos, nariz, garganta e pulmões. interromper o centro respiratório no cérebro. Mediante o recebimento de queixas de patologias, dores de cabeça, enjoo, etc.; dados e informações devem ser coletadas para documentar a natureza dos episódios de odor. É necessário se ter registros que contenham, pelo menos, o nome e endereço do morador, local em que o odor foi percebido e a presença de qualquer patologia proveniente de problemas com odores.

Também é importante que seja registrada as datas e horários de percepção com mais frequência e sua intensidade, descrição do caráter do odor e a sua provável fonte. Se possível, devem também determinar e documentar a extensão do odor, utilizando-se um mapa da região e os locais onde o odor foi percebido com mais intensidade.

Com essas informações básicas, é possível elaborar um sistema de análise para a identificação da fonte do odor e como se pode corrigir o problema na sua origem, de acordo com suas particularidades.

7.2. Programas de controle de lançamento de água pluvial na rede de esgoto

Pode-se perceber que há um problema constatado é o lançamento inadequado da água pluvial de diversas residências. Para evitar tais adversidades, que são significativamente nocivas, tanto para o sistema de tratamento quanto para a população, sugere-se orientar a população dos danos que essas irregularidades podem causar, aumentando a emissão de odores desagradáveis em períodos de chuva. Também é de responsabilidade do município, promover vistorias nos imóveis para verificar se as águas das chuvas estão sendo coletadas pelas calhas dos telhados e ralos dos pátios e quintais e conduzidas por tubulações independentes, sujeitos a multa caso permaneçam as irregularidades constatadas e, caso seja detectada irregularidade, devem ser construídos desvios para a galeria de águas pluviais.

Da mesma forma, recomenda-se ao município promover campanhas e orientações de incentivo ao reaproveitamento da água pluvial, podendo realizar tais incentivos em forma de parcerias com as faculdades de engenharia da região, já que a maioria da população residente dos entornos da ETE em questão é de baixa renda, o que dificulta financeiramente a instalação de sistemas de aproveitamento. Essas instalações podem ser utilizadas para lavagem de roupas, irrigação de jardins, limpeza de automóveis e áreas externas, gerando, assim, uma economia no consumo de água.

7.3. Etapas do processo de tratamento do esgoto

7.3.1. Fase sólida

- Eliminação de sólidos grosseiros

O material retirado destas unidades não deve ser estocado ou depositado na área da ETE, devendo ser encaminhado diariamente a um aterro sanitário. Durante o período em que o material permanecer na estação, recomenda-se a aplicação regular de cal como forma de

evitar a liberação de mau-cheiro e a proliferação de moscas. Deve-se estabelecer uma rotina para a limpeza das grades e com uma frequência diária

- Remoção de areia

Durante o tempo em que esse material permanece nas unidades de operação, recomenda-se fazer uso da cal como forma de evitar a liberação de mau-cheiro e a proliferação de moscas. O dispositivo de remoção deve ser localizado em áreas externas e descobertas pela ocorrência de gases provenientes decomposição da matéria orgânica contida na areia, que deve ser removida no tratamento preliminar regularmente.

- Limpeza da estação elevatória

Mesmo após o processo de gradeamento e retirada dos sólidos, o esgoto conduz sólidos para a estação elevatória, onde parte se acumula no fundo e parte é conduzida para o reator. Então, recomenda-se a realização da limpeza mensalmente, de forma a evitar o acúmulo de sólidos, boa parte responsável por odores desagradáveis.

7.3.2. Fase líquida

- Controle de vazão

A vazão é um fator determinante para a eficiência do processo de tratamento, pois se ultrapassadas as vazões máximas para os quais o reator foi dimensionado poderá haver arraste de lodo para o efluente devido as altas velocidades além de diminuição do tempo de detenção hidráulica, levando a uma diminuição de eficiência. A vazão deve ser controlada por meio de um medidor de vazão para o esgoto bruto e tratado, sendo que para o esgoto afluente deverá ser através de calha parshall ou sensor com armazenamento de dados, que também controla os picos excedentes de vazão.

7.3.3. Controle de pH e de temperatura

De acordo com o que foi visto na literatura, a eficiência do processo anaeróbio é altamente dependente da temperatura do reator, sendo que os valores de temperatura ideais encontram-se entre 30°C e 40°C, possibilitando a ocorrência eficiente do processo de

digestão. As bactérias anaeróbias são muito sensíveis às variações de temperatura e qualquer variação pode interromper a produção de metano e gerar o acúmulo de ácidos no interior do reator, contribuindo com sua corrosão. Indica-se, para o caso de temperaturas mais baixas, como acontece durante a noite, adicionar alcalinidade e manter o pH em torno de 7, para não contribuir de forma significativa com o aumento de problemas de corrosão e odores.

7.4. Manutenção de Reatores

Em estações com remoção biológica de nutrientes existe a possibilidade da formação de camadas de lodo nas câmaras anaeróbias, material que, após algumas horas, entra em seticidade, adquirindo uma coloração escura e gerando odor desagradável. Recomenda-se considerar a geração de espuma à produção de lodo no dimensionar de sistema de desaguamento, incluindo leitos de secagem ou sistema de tratamento de lodo, dependendo do período previsto em projeto. Deve-se realizar a verificação e desobstrução contínua dos dispositivos de alimentação dos reatores.

7.4.1. Controle da corrosão

Como visto, a corrosão das paredes dos reatores foi o problema de maior gravidade encontrado durante o estudo. Deve-se realizar uma frequente verificação de corrosão nas estruturas do reator e, se houver, seu reparo deve ser imediato. Caso contrário, a unidade do reator deve ser inutilizada até a sua reparação, para que não altere o processo de tratamento e o escape de gases.

Essa corrosão acontece, principalmente pela presença de gases ácidos que provocam a corrosão das lajes. Algumas formas de redução dessas patologias são a aplicação de revestimentos, além da remoção frequente do lodo, que podem ser proteções em forma de barreiras, que são utilizadas quando o concreto está solicitado física e quimicamente, através da abrasão, impacto e contato com substâncias e gases agressivos. Como exemplo, podem ser citados a argamassa de base epóxi, proteções de base betuminosa, asfáltica, tintas termofixas;

Há também alguns sistemas de pintura de proteção, pinturas impermeabilizantes são de baixa permeabilidade a água, vapor e gases. Porém, não protegerão o concreto caso este se fissure, apenas prolongando sua vida útil.

O poliuretano, na sua forma rígida, sem a presença de solventes, apresenta uma alternativa viável para proteção do concreto, devido às suas características, como adesão, resistência à abrasão e a ataques químicos, além de ser mais rápido e econômico, apresentando vida útil mais elevada se comparado a outros sistemas de proteção, como resinas epóxi. (GUAN, 2001).

7.5. Destinação de resíduos

7.5.1. Tratamento do lodo

Os processos de adensamento, digestão, desidratação e secagem são fontes em potencial para geração de odores desagradáveis. Adensadores mecanizados são unidades suscetíveis a geração de odores desagradáveis. O acúmulo de lodo no fundo favorece a decomposição anaeróbia e, como consequência, ocorre a produção de H_2S . Recomenda-se que os adensadores por gravidade sejam cobertos, e que, quando localizados em áreas muito suscetíveis a receber incômodos, as manobras para retirada de lodo sejam feitas fora dos horários de pico, ou seja, no início da noite, que é o horário em que a temperatura abaixa e que a população mais reclama dos incômodos.

Uma das formas de minimização de odores em locais de desidratação é trabalhar apenas com lodo já digerido. O uso da cal como condicionador eleva o pH do lodo e auxilia contra a liberação de odores, devido ao processo de estabilização alcalina prolongada, e manutenção do pH em no mínimo 12, por período mínimo de 30 dias. Segundo a SANEMPAR, Deve-se também verificar o tempo de ciclo do processo de secagem, o qual varia com a temperatura da região. Preferencialmente utilizar de 10 a 12 ciclos por ano. Recomenda-se também projetar, preferencialmente, módulos com dimensões em torno de 10,0 m por 6,0 m.

7.5.2. Coleta e queima de gases

Para todas as ETEs com reatores anaeróbios deverão ser previstos queimadores de gás. O separador trifásico dos Reatores realiza a coleta do biogás gerado, para que seja feita a incineração, medida que reduz significativamente o problema dos odores. Porém, com a danificação das partes dos reatores, esses gases não são coletados de forma adequada. Por

isso, deve-se manter os padrões de manutenção adequado dos reatores, para que não haja escape de gases diretamente na atmosfera.

Em proximidade de loteamentos instalados, projetados ou com previsão futura de implantação pelo Plano Diretor Municipal, os queimadores deverão ser de alta eficiência ou enclausurados com queima controlada de gases. Deverão ser previstos todos os dispositivos e equipamentos necessários para o perfeito funcionamento do sistema de queima, tais como armazenamento, pressurização, entre outros.

7.6. Medidas corretivas

Em uma ETE, pode ser indispensável o tratamento dos gases odorantes inevitavelmente emitidos, mesmo depois de aplicadas as medidas preventivas descritas anteriormente, sendo, para isso, necessária a cobertura ou a contenção das fontes problemáticas de emissão, a exaustão dos gases e, por fim, o tratamento ou dispersão. Dessa forma, algumas alternativas são indicadas.

Analisando as condições atuais da unidade de operação, recomenda-se para a adoção de medidas corretivas como as colunas de adsorção, onde o ar contaminado passa por um meio adsorvente com compostos químicos, que oxidam e neutralizam os componentes odorantes. Por ser mais barato, rápido e prático, o uso de filtros de carvão ativado, podendo ser aplicado em diversas etapas do tratamento. O sucesso deste processo depende da manutenção do ambiente livre de umidade e poeira e da troca regular do meio adsorvente. A Sanepar também exige ser detalhado projeto de cortina verde para todas as ETEs, independentemente do porte.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme informações apresentadas, a caracterização do sistema de tratamento foi realizada de forma a identificar o sistema de tratamento, suas etapas, até a chegada do esgoto nos reatores anaeróbicos. Identificou-se, através de imagens, um sistema composto por gradeamento preliminar, tratamento primário feito por desarenação e tratamento secundário, através dos reatores. Nessas etapas, problemas com a manutenção podem ser constatados conforme as patologias analisadas durante a visita ao local, e é possível afirmar que existem grandes deficiências no sistema de monitoramento por parte da ETE, que não realiza de forma adequada o controle e a manutenção dos reatores. Apesar de haver a queima dos gases coletados nos reatores, essa destinação não comporta todo o sistema, pois existem sérios problemas de escape de gases devido à corrosão das lajes nos reatores, que indicam excesso da presença de gases como o H_2S , gerado principalmente a partir de sobrecarga de vazão e baixas temperaturas. Também foram identificados problemas de alteração na função dos reatores, que apresentam entrada de ar, o que torna o tratamento aeróbico, e não anaeróbico como é a função principal do sistema. Também deve-se considerar que a companhia de saneamento responsável pelo tratamento do esgoto de Varginha, não autorizou a vinculação do seu nome com o presente trabalho, pois não pretende se comprometer com relação aos problemas de manutenção, tão pouco forneceu dados de análise de parâmetros ambientais para a análise dos impactos.

Com os problemas de emissão de gases apresentados e reclamações frequentes de emissão de odores, foi delimitada uma região com os bairros mais próximos à ETE, para que fosse possível a determinação de uma amostra, considerando a proximidade de até 900m da unidade operacional. Desta forma, foi realizada uma pesquisa que teve como objetivo avaliar os impactos causados pelo funcionamento da ETE, bem como sua intensidade e frequência, de forma a facilitar a identificação da possível fonte, contatando-se uma grande insatisfação da população, a qual, em sua maioria, caracteriza o cheiro por intenso e de ovo podre, o que indica a emissão de gases tóxicos, como é o caso do H_2S , que, em grandes quantidades, causam sérios problemas com odores, mal estar, dores de cabeça, etc. Os moradores, principalmente dos bairros mais próximos, sofrem muito com o mau cheiro, sendo relatados problemas de muito incômodo com a forte emissão de gases, principalmente durante a noite, onde a temperatura é menor e a atividade bacteriana é mais lenta.

Pode-se relacionar esse problema, também, com a emissão de gases diretamente para a atmosfera pelos reatores danificados.

O principal objetivo deste trabalho foi propor uma abordagem de procedimentos que podem ser adotados para o controle de incômodos olfativos, aplicável à realidade da população residente próximo à unidade de operação da ETE Santana. Essas medidas visam propor critérios de avaliação de impacto social causado, já que não há legislação específica no Brasil para o controle de tais incômodos. Foi realizado um estudo da divisão das etapas do processo de tratamento, de forma a aplicar os conceitos analisados na visita e nas entrevistas, à realidade de operação da ETE, possibilitando, assim, a adoção de medidas de controle de odores atingindo de forma mais específica a possível fonte de odores em cada etapa.

9. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro 1986.

ANDRADE NETO, C. O. de. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários, experiência brasileira**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

BELLI FILHO, P.; LISBOA, H. M. **Avaliação de emissões odorantes**. Rio de Janeiro, V. 3, n. 3, 1998.

BRAGA, B. et al. **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária; Universidade de São Paulo, 2005.

BRASIL, Lei nº 11.445, 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para saneamento básico; altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências**. Art. 2º.

CARNEIRO, CHARLES. **Manual Técnico para implantação de cortinas verdes e outros padrões vegetais em estações de tratamento de esgoto** – SANEPAR, Londrina, 2009.

CERNICHARO, C.A.L. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias – vol.5 – Reatores Anaeróbicos**. Belo Horizonte: Segrag, 1977.

CERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbicos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. v. 5, 2 Ed, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental –UFMG, Belo Horizonte, 2007.

CONAMA – CONSELHO ESTADUAL DE POLITICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa n. 10, de 16 de dez. 1986. **Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamento de efluentes nas coleções de águas, e dá outras providências**. Belo Horizonte, 1987.

CONAMA – CONSELHO ESTADUAL DE POLITICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa n. 03, de 28 de junho. 1990. **Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR**. Belo Horizonte, 1990.

CONAMA – CONSELHO ESTADUAL DE POLITICA AMBIENTAL. Deliberação Normativa n. 430, de 13 de maio. 2011. **Dispõe sobre condições padrões de lançamento de**

efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005. Belo Horizonte, 2011.

FERNANDEZ, B. –**Contribution e Pelaboration d’une methodology d’analyse physicochimique de composodorants.** Tese (doutorado em chimieetmicrobiologieddel’eau) – I’ Université de Pau et des I’ Adour. France, 1997.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento.** Ministério da Saúde. Brasília, 2004.

GOOGLE MAPS – Varginha – MG. Disponível em <<https://www.google.com.br/maps/place/Varginha+-+MG/@-21.5725859,-45.5408247,11z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x94ca92927e8a0c09:0x605a7881a93020e0!8m2!3d-21.5560521!4d-45.4368421>>. Google, 2017.

GUAN, S. W. Polyurethane Coatings Technology For Corrosion Protection In Water and Wastewater Systems. Ontario - Canadá, 2001.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados de Municípios.** 2010. Disponível em:

<<http://www.cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/mg/varginha/panorama>> Acesso em: 17/05/2017.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

LUDUVICE, M. L.; PINTO, M. A. T. P.; NEDER, K. D. **Controle de odores em estações de tratamento de esgoto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19º, Foz do Iguaçu. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing.** São Paulo: Atlas, 2001

METCALF, L. e EDDY, H. P. **WastewaterEngineering – Treatment, Disposaland Reuse,** 3ª Ed. Tchobanoglous, G (ed.), Singapore, Mc. Graw Hill, 1991.

NETTO, C. O. de A. **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários: experiência brasileira.** Rio de Janeiro: ABES. 1977.

NEVES, E T. **Curso de hidráulica.** Porto Alegre: Editora Globo. 1974.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

PREFEITURA MUNICIPAL DE VARGINHA – DECRETO nº 7019 de 01 de outubro de 2014. **Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico no município de Varginha.** Varginha, 2014.

PROSAB – PROGRAMA DE PESQUISA EM SANEAMENTO BÁSICO. **Tratamento de Esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro, 1999.

SANTOS, H.F.; MANCUSO, P.C.S. **A escassez e o reuso de água em âmbito mundial**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. **Reuso de água**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. Barueri. SP: Manole, 2003.

SILVA, A.B. **Avaliação da produção de odor na estação de tratamento de esgoto Paranoá e seus problemas associados**. 2007. 132 f. Dissertação (Mestre) -, UNB, Brasília, 2007.

SOBRINHO, A. P.&TSUTIYA, T. M. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Univ. da São Paulo, 2000.

SPERLING, V.M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL SUL DE MINAS. **Licença de Operação para Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA, ETE Santana**. 2008

TARDIVO, A.B. **Considerações sobre o monitoramento e controle dos parâmetros físicos, químicos e biológicos de estações de tratamento de esgotos e proposta para sistema integrado de gestão com enfoque ambiental, controle de qualidade, segurança e saúde**, 2009. Dissertação(Doutor) -Universidade de São Paulo,São Carlos, 2009.

TRUPPEL, A. **Redução de odores de uma lagoa de estabilização de esgoto sanitário e avaliação da qualidade de seu efluente**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Dissertação(Mestre) -Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

UEHARA, V.; VIDAL, W. L. **Operação e manutenção de lagoas anaeróbias e facultativas**. São Paulo: CETESB, 1989.

VAN HAANDEL, A.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgoto. Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande, Brasil, Universidade Federal da Paraíba. 1994.

ZURITTA, M. L. L., LUCA, S. J., RODRIGUEZ, M. T. R. **Avaliação do odor gerado por fonte estacionária, através da implantação de uma rede de monitoramento de incidência de odores**. 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 1999.