

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO

CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS DE CARVALHO COUTO

**ESTUDO COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ESGOTO
SANITÁRIO POR MEIO DOS PROCESSOS DE LODO ATIVADO E REATOR
ANAERÓBIO COM PÓS-TRATAMENTO NOS MUNICÍPIOS DE PAÇO DO
LUMIAR E SÃO JOSÉ DE RIBAMAR**

São Luís

2019

LUCAS DE CARVALHO COUTO

**ESTUDO COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ESGOTO
SANITÁRIO POR MEIO DOS PROCESSOS DE LODO ATIVADO E REATOR
ANAERÓBIO COM PÓS-TRATAMENTO NOS MUNICÍPIOS DE PAÇO DO
LUMIAR E SÃO JOSÉ DE RIBAMAR**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Esp. Carmen Lúcia Bentes Bastos

São Luís

2019

Couto, Lucas de Carvalho.

Estudo comparativo de eficiência no tratamento de esgoto sanitário por meio dos processos de lodo ativado e reator anaeróbio com pós-tratamento nos municípios de Paço do Lumiar e São José de Ribamar / Lucas de Carvalho Couto. – São Luís, 2019.

92 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2019.

Orientador: Profa. Carmem Lúcia Bentes Bastos.

1.Esgoto. 2.Tratamento. 3.Eficiência. I.Título

CDU: 628.31(812.1)

LUCAS DE CARVALHO COUTO

**ESTUDO COMPARATIVO DE EFICIÊNCIA NO TRATAMENTO DE ESGOTO
SANITÁRIO POR MEIO DOS PROCESSOS DE LODO ATIVADO E REATOR
ANAERÓBIO COM PÓS-TRATAMENTO NOS MUNICÍPIOS DE PAÇO DO
LUMIAR E SÃO JOSÉ DE RIBAMAR**

Monografia apresentada ao curso de
Engenharia Civil da Universidade Estadual do
Maranhão para obtenção do grau de Bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Esp. Carmen Lúcia Bentes
Bastos

Aprovado em: 04 / 07 / 2019

BANCA EXAMINADORA:

Cbentes

Prof.^a Esp. Carmen Lúcia Bentes Bastos (Orientadora)
Universidade Estadual do Maranhão

Ronaldo

Prof. Me. Ronaldo Sergio de Araújo Coelho
Universidade Estadual do Maranhão

José Ribamar Fernandes

Prof. Esp. José Ribamar Fernandes
Universidade Estadual do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pois sem ele não seria possível a realização de mais um sonho e conclusão dessa etapa tão importante em minha vida.

Agradeço à minha família a qual convivo todos os dias, que sempre será meu alicerce, me criando com princípios que fundamentam meu caráter e personalidade. Em especial à minha mãe Maria do Socorro Pereira de Carvalho e minha avó Renalzi Viana Couto, mulheres guerreiras, batalhadoras e com coração enorme, que nunca mediram esforços para me oferecer o que precisei, serei grato eternamente por todo carinho e amor.

Aos amigos criados no ambiente acadêmico que se tornaram familiares por convivermos e compartilharmos tantos momentos de alegria e tristeza juntos, superando cada obstáculo a que fomos submetidos ao longo do curso.

Aos amigos de escola que, apesar da distância, responsabilidades e correria da rotina, sempre mantiveram os laços de amizade e companheirismo, sendo fortalecidos em cada reunião presencial.

Agradeço a todos os professores da UEMA do curso de Engenharia Civil que fizeram parte da minha vida acadêmica e contribuíram com seus conhecimentos para meu desenvolvimento profissional, em especial à Professora Carmen Lúcia Bentes Bastos que por mais que tenha suas obrigações e prioridades, disponibilizou seu tempo para me orientar nesse presente trabalho.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar.

RESUMO

O aumento populacional desencadeia o crescimento da utilização de recursos hídricos para consumo nas atividades diárias e necessidades fisiológicas, que após o uso, adquire novas propriedades físicas, químicas e biológicas, originando o esgoto que necessitará de um sistema que proporcione estrutura adequada para coleta, condução, tratamento e disposição. O presente trabalho apresentará as principais características qualitativas e quantitativas constituintes do esgoto, apontando suas definições, origens e impactos. Posteriormente será exposto a discretização do tratamento, contemplando os graus de tratamento e tipos de tratamento que servirão de embasamento para o entendimento das estações de tratamento de esgoto em estudo. Serão analisadas duas estações de tratamento distintas, cujo tipo de tratamento é por meio de lodo ativado e outra por reator anaeróbio com pós-tratamento. Será realizado a explicação de cada etapa das estações de tratamento em estudo, atividades operacionais e levantamento de parâmetros que mensure a eficiência das estações. Coletas na entrada e saída de cada unidade, demonstrarão os resultados de eficiência que serão comentados expondo comparações entre os tratamentos, interligando a atividade operacional com o resultado das análises, verificando as conformidades com resoluções vigentes e parâmetros definidos na literatura.

Palavras-chave: Esgoto. Tratamento. Eficiência.

ABSTRACT

The populational increase triggers the growth of the use of water resources for consumption in daily activities and physiological needs, which after use, acquires new physical, chemical and biological properties, causing the sewage that will need a system that provides adequate structure for collection, treatment and disposal. The present work will present the main qualitative and quantitative characteristics of the sewage, pointing out its definitions, origins and impacts. Subsequently, it will be exposed to treatment discretization, contemplating the degrees of treatment and types of treatment that will serve as a basis for the understanding of the sewage treatment plants under study. Two different treatment stations will be analyzed, which type of treatment is by activated sludge and another by anaerobic reactor with post-treatment. An explanation of each step of the treatment plants under study, operational activities and parameter survey will be carried out to measure the efficiency of the stations. Coletas at the entrance and exit of each unit, will demonstrate the efficiency results that will be commented exposing comparisons between the treatments, interconnecting the operational activity with the result of the analyzes, verifying the conformities with current resolutions and parameters defined in the literature.

Keywords: Sewage. Treatment. Efficiency.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores que influenciam no consumo de água.....	22
Tabela 2: Consumo <i>per capita</i> em diferentes estabelecimentos.....	22
Tabela 3: Métodos para determinação da matéria orgânica.....	29
Tabela 4: Microrganismo e respectivas concentração no esgoto bruto.....	33
Tabela 5: Camadas e alturas componentes do leito de secagem.....	58
Tabela 6: Resultados das análises de temperatura.....	75
Tabela 7: Resultados das análises de temperatura.....	75
Tabela 8: Resultados das análises de pH.....	76
Tabela 9: Resultados das análises de pH.....	76
Tabela 10: Resultados das análises de Nitrogênio Amoniacal.....	77
Tabela 11: Resultados das análises de Nitrogênio Amoniacal.....	77
Tabela 12: Porcentagem de remoção de Nitrogênio Amoniacal.....	77
Tabela 13: Resultados das análises de DBO.....	78
Tabela 14: Resultados das análises de DBO.....	79
Tabela 15: Resultados das análises de DQO.....	80
Tabela 16: Resultados das análises de DQO.....	80
Tabela 17: Resultados das análises de SST.....	81
Tabela 18: Resultados das análises de SST.....	81
Tabela 19: Resultados das análises de Fósforo.....	83
Tabela 20: Resultados das análises de fósforo.....	83
Tabela 21: Resultados das análises de Óleos e Graxas.....	84
Tabela 22: Resultados das análises de Óleos e Graxas.....	84
Tabela 23: Porcentagem de remoção das ETEs Damha e Recanto Verde.....	84
Tabela 24: Resultados das análises de Materiais Sedimentáveis.....	85
Tabela 25: Resultados das análises de Materiais Sedimentáveis.....	85
Tabela 26: Porcentagem de Remoção das ETEs Damha e Recanto Verde.....	85
Tabela 27: Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes.....	86
Tabela 28: Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes.....	87

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama esquemático da infraestrutura dos sistemas de coleta combinado e separador.....	20
Figura 2: Identificação gráfica de influentes na vazão.....	25
Figura 3: Distribuição aproximada dos sólidos do esgoto bruto.....	29
Figura 4: Funcionamento do tanque séptico.....	36
Figura 5: Esquematização do reator Anaeróbio.....	40
Figura 6: Esquematização do reator UASB.....	41
Figura 7: Funcionamento e compartimentos do reator UASB.....	42
Figura 8: Sistematização do tratamento de lodo ativado convencional.....	45
Figura 9: Sistematização do tratamento de lodo ativado com aeração prolongada.....	46
Figura 10: Diagrama esquemático das etapas de lodo ativado em reator batelada sequencial.....	47
Figura 11: Localização da ETE e Residencial Damha Araçagy.....	50
Figura 12: Localização da ETE e Residencial Recanto Verde.....	51
Figura 13: Fluxograma das etapas de tratamento na ETE Damha.....	52
Figura 14: Calha Parshall.....	53
Figura 15: Tanque de Aeração com aerador flutuante.....	54
Figura 16: Decantadores secundário.....	55
Figura 17: Leitões de secagem.....	57
Figura 18: Fluxograma das etapas de tratamento na ETE Recanto Verde.....	58
Figura 19: Cesto.....	59
Figura 20: Poço de sucção e pódio para içamento da bomba submersível e cesto.....	60
Figura 21: Reator UASB.....	61
Figura 22: Filtro Submerso aerado com decantador secundário interno.....	63
Figura 23: Meio suporte.....	63
Figura 24: Tanque de contato.....	65
Figura 25: Amostras utilizadas para análise da ETE Damha.....	67
Figura 26: Amostras utilizadas para análise da ETE Recanto Verde.....	67
Figura 27: Torneiras para verificação do nível de lodo no reator UASB.....	71
Figura 28: Descargas do FSA e Decantador secundário.....	72

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Vazão média em m ³ /dia.....	24
Equação 2: Vazão média em L/s.....	24
Equação 3: Vazão máxima.....	24
Equação 4: Vazão mínima.....	24
Equação 5: Composição do Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).....	31
Equação 6: Composição do Nitrogênio Total.....	32
Equação 7: Porcentagem de remoção.....	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos.....	15
1.1.1	Objetivo geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	Justificativa	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Importância do Saneamento	17
2.2	Sistema de Esgotamento Sanitário (SES).....	19
2.3	Esgoto Sanitário.....	21
2.3.1	Características Quantitativas	21
2.3.2	Características Qualitativas	26
2.3.2.1	Características físicas.....	26
2.3.2.2	Características químicas	27
2.3.2.3	Características biológicas	27
2.4	Parâmetros de qualidade do esgoto.....	28
2.4.1	Sólidos	28
2.4.2	Matéria orgânica carbonácea	29
2.4.2.1	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	30
2.4.2.2	Demanda Última de Oxigênio (DBOu)	30
2.4.2.3	Demanda Química de Oxigênio (DQO)	30
2.4.2.4	Carbono Orgânico Total (COT)	31
2.4.3	Nitrogênio	31
2.4.4	Fósforo	32
2.4.5	Indicadores de contaminação fecal	32
2.5	Tratamento	34
2.5.1	Tanque séptico	36
2.5.2	Lagoa de estabilização	37
2.5.3	Reator Anaeróbio.....	39
2.5.3.1	Filtro Anaeróbio.....	40
2.5.3.2	Reator anaeróbio de manta de lodo	41
2.5.4	Lodo Ativado	43
2.5.4.1	Lodo Ativado Convencional.....	44

2.5.4.2	Lodo Ativado com Aeração Prolongada.....	45
2.5.4.3	Fluxo Intermitente (Batelada).....	46
2.5.5	Desinfecção.....	47
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	49
3.1	Considerações iniciais	49
3.2	Métodos	49
3.3	Área de estudo	49
3.3.1	Localização das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE).....	49
3.3.1.1	Lodo Ativado	49
3.3.1.2	Reator Anaeróbio + Pós Tratamento	50
3.3.2	Descrição dos Sistemas.....	51
3.3.2.1	Lodo Ativado	51
3.3.2.1.1	Gradeamento.....	52
3.3.2.1.2	Caixa de Areia	53
3.3.2.1.3	Calha Parshall	53
3.3.2.1.4	Tanque de Aeração	54
3.3.2.1.5	Decantador Secundário.....	55
3.3.2.1.6	Digestor.....	56
3.3.2.1.7	Tanque de Contato	56
3.3.2.1.8	Desidratação	57
3.3.2.2	Reator Anaeróbio + Pós Tratamento	58
3.3.2.2.1	Cesto	59
3.3.2.2.2	Poço de Sucção	60
3.3.2.2.3	UASB.....	61
3.3.2.2.4	Filtro Submerso Aerado (FSA).....	62
3.3.2.2.5	Tanque de Contato	64
3.3.2.3	Leito de secagem	65
3.3.2.3.1	Emissário Final	66
3.3.3	Análise da Vazão	66
3.3.4	Parâmetros de avaliação do tratamento	66
3.3.5	Descrição da operação	68
3.3.5.1	Lodo Ativado com Aeração Prolongada.....	68
3.3.5.1.1	Gradeamento.....	69
3.3.5.1.2	Canal desarenador.....	69
3.3.5.1.3	Recirculação do lodo	69

3.3.5.1.4	Cloração.....	69
3.3.5.1.5	Limpeza da unidade.....	70
3.3.5.1.6	Coleta.....	70
3.3.5.2	Reator Anaeróbio + Pós tratamento.....	70
3.3.5.2.1	Poço de sucção.....	70
3.3.5.2.2	Descargas.....	71
3.3.5.2.3	Materiais nos reatores.....	72
3.3.5.2.4	Limpeza da área.....	72
3.3.5.2.5	Aferição dos equipamentos.....	73
3.3.5.2.6	Coleta.....	73
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	74
4.1	Vazão.....	74
4.1.1	ETE Damha.....	74
4.1.2	ETE Recanto Verde.....	75
4.2	Temperatura.....	75
4.3	pH.....	76
4.4	Nitrogênio Amoniacal.....	77
4.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).....	78
4.6	Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	80
4.7	Sólidos Suspensos Totais (SST).....	81
4.8	Material Flutuante.....	82
4.9	Fósforo Total.....	83
4.10	Óleos e Graxas.....	83
4.11	Materiais Sedimentáveis.....	85
4.12	Coliformes Termotolerantes.....	86
5	CONCLUSÃO.....	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90

1 INTRODUÇÃO

Diante do crescimento exponencial da população no mundo, é evidente que a extração de matéria da natureza acompanha esse fato, isso agrava quando o produto gerado nessa interação não possui o devido tratamento e destinação apropriado, retornando para o meio de uma forma que prejudique o ambiente e todos aqueles que estão inseridos nesse meio, tanto para habitação quanto para retirada de bens.

Segundo a lei 11.445/2007 o saneamento básico consiste em um conjunto de medidas, serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e esgotamento sanitário. Atividades que buscam a harmonia entre as práticas exercidas pela população e o meio natural, sem que haja a interferência antrópica de forma prejudicial e comprometedora.

O sistema de esgotamento sanitário consiste em um conjunto de equipamento, redes, instalações, serviços que visam condicionar e transporte as águas residuárias exclusivamente doméstica ou industrial atendendo a padrões legais, proteção a saúde e meio ambiente (PHILIPPI JR., 2005)

As redes de esgotamento sanitário possuem como destino as estações de tratamento de esgoto ou elevatória (em caso do não favorecimento da topografia local), recalçando o esgoto até a unidade de tratamento, que realizará a remoção de sólidos, tratará organismo biodegradáveis e removerá patógenos existentes (METCALF e EDDY, 2016).

São diversos os benefícios associados ao tratamento de esgoto, dentre os quais se destacam o aumento da vida média do homem, em virtude da redução da mortalidade, graças à redução de doenças; diminuição de despesas com tratamento de doenças evitáveis; redução de custos do tratamento de águas para abastecimento humano, pela prevenção da poluição dos mananciais e preservação da biodiversidade aquática (CHAVES, *et al.*, 2017, p. 52).

A estação de tratamento é a unidade responsáveis pela redução do potencial poluidor do esgoto e condicionamento dos produtos gerados durante o tratamento, por meio de acessórios, equipamentos e componentes auxiliares (ABNT, 2011).

Diversos tipos de tratamentos foram desenvolvidos à medida que necessidades e exigências que surgindo. Algumas estações se destacaram devido custo benefício de implantação apresentando resultados positivos. Dentre as mais utilizadas no Brasil para

grandes e pequenas densidades demográficas estão os reatores anaeróbios acrescentados de pós-tratamento e o tratamento por lodo ativado e suas variantes (VON SPERLING, 2005).

Os reatores anaeróbios tiveram origem na Holanda, durante a década de 70, obtiveram êxito na difusão por possuir sistema compacto, pequena demanda de área, baixo custo de operação e implantação, produção de lodo, consumo de energia e resultados satisfatórios na remoção de materiais componentes do esgoto (CHERNICHARO, 1997).

O tratamento por meio do sistema de lodo ativado foi criado por Lockett e Arden em 1914 na Inglaterra, que desenvolveram por meio da aeração das águas residuárias a formação de flocos de macroscópicos capazes de remover o material orgânico presente, além da capacidade de separação desses flocos do meio líquido (HAANDEL e MARAIS, 1999).

Ambos tratamentos são implantados de acordo com as características quantitativas e qualitativas da região, admitindo-se que a capacidade de remoção de certos componentes presentes na água residuária, resultarão na eficiência na qual aquela estação foi predestinada, diferenciando-as quanto as etapas e modelos de tratamento e resultados obtidos do efluente analisado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Realizar um estudo comparativo de eficiência no tratamento de esgoto sanitário por meio dos processos de lodo ativado e reator anaeróbio com pós tratamento nos municípios de Paço do Lumiar e São José de Ribamar.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrição dos sistemas de tratamento de esgoto implantados e suas devidas funcionalidades;
- Determinação de parâmetros de eficiência para análise;
- Exposição das operações realizadas e seus impactos no efluente final.

1.2 Justificativa

Com o advento da necessidade de avanços no saneamento básico no Brasil, inovações no sistema de tratamento de esgoto condizentes com o sistema de esgotamento sanitário vão surgindo.

As estações de tratamento de esgoto, unidades cujo princípio é a remoção de substâncias presentes na água, até um padrão que seja possível o uso ou destinação no meio ambiente, devem atender os objetivos que foram propostos em consonância com as Resoluções e Legislações ambientais vigentes, e em caráter técnico com as normas de regulamentação atuantes.

A diversidade de formas de tratamento de esgoto acarreta a parâmetros com resultados divergentes, sendo alinhados com os princípios químicos, físicos e biológicos atuante em cada fase. A eficiência desses tratamentos promove discussões de viabilidade em qual melhor método a ser instalado, tendo em vista questões ambientais, sociais e econômicas no local sujeito à implantação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do Saneamento

O saneamento assume papel importante na sociedade principalmente pela sua associação à saúde, interligados desde culturas antigas. A evolução da variedade de civilizações proporcionou o desenvolvimento do saneamento, sendo destacada em algumas e esquecidas por outras (MANUAL DO SANEAMENTO, 2004).

O desenvolvimento social possui ligação direta com o saneamento, ambos andam alinhados de forma proporcional na medida em que certa população é moldada com estruturas sanitárias, tendendo a apresentar resultados positivos quanto a saúde, economia, educação e meio ambiente. Devido essa relação, o saneamento é apontado como um dos principais indicadores de desenvolvimento.

As atividades relacionadas ao saneamento básico visam o funcionamento do sistema de infraestrutura educacional, física, institucional e legal de modo a garantir o abastecimento de água (captação, condução, tratamento, armazenagem e coleta), controle de resíduos sólidos (coleta regular, transporte, reciclagem e destino final), esgotamento sanitário (coleta, condução, tratamento e devida destinação dos produtos e subprodutos gerados), drenagem urbana (coleta de águas pluviais, manutenção dos corpos d'água e preservação de encostas), controle de vetores disseminadores de doenças (roedores, insetos, artrópodes e outros) e saúde pública, responsável pela gestão e monitoramento desses princípios (TRENTIN *et al.*, 2003).

No século passado, desde a década de 1950 até o seu final, o investimento em saneamento básico no Brasil ocorreu pontualmente em alguns períodos específicos, com um destaque para as décadas de 1970 e 1980, quando existia um “predomínio da visão de que avanços nas áreas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento resultariam na redução das taxas de mortalidade” (Soares, Bernardes e Cordeiro Netto, 2002:1715). Nesse período, foi consolidado o Plano Nacional de Saneamento (Planasa), que deu ênfase ao incremento dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água, mas que, em contrapartida, não contribuiu para diminuir o déficit de coleta e tratamento de esgoto, o que é ainda verificado atualmente. Até 2006, apenas 15% do esgoto sanitário gerado nas regiões urbanas dos municípios do Brasil era tratado (Snis, 2007) (LEONETI *et al.*, 2009, p.3).

Em 2007 o saneamento se tornou um direito assegurado pela Lei 11.445/2007 que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, determinando medidas a serem tomadas para que todos cidadãos tenham direito à abastecimento de água potável,

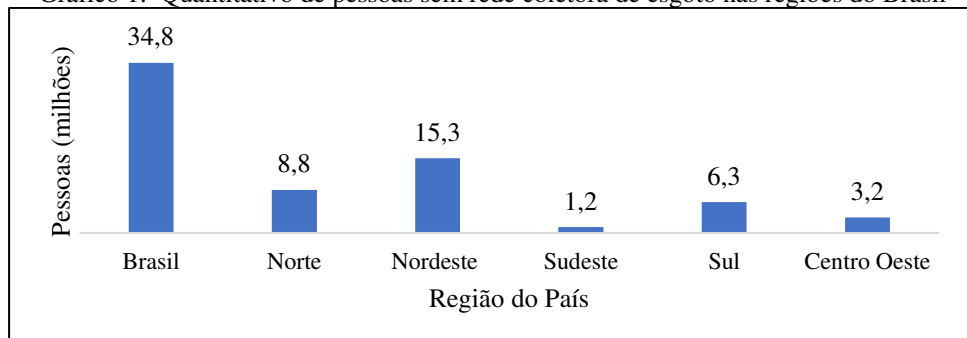
esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Embora seja lei, o saneamento atinge todos cidadãos brasileiros, principalmente por questão da falta ou ineficiência de gestão em conjunto com a escassez de estrutura e investimento.

Além dos efeitos diretos obtidos pela qualidade e quantidade de investimentos em água e esgotamento sanitário como a interrupção da transmissão de doenças e melhoria da nutrição das pessoas, efeitos indiretos significativos surgem, como o aumento da comercialização da produção e comercialização que são influenciados pela capacidade de trabalho e aprendizado. Este é um ciclo onde melhorias nos sistemas sanitários proporcionam melhorias na saúde das pessoas e, conseqüentemente, melhorias em outras áreas, como educação, trabalho e lazer (OLIVEIRA, 2014).

Com o advento do crescimento tecnológico e científico, atualmente existem diversas técnicas desenvolvidas para resolução de problemas sanitários. Porém o crescimento da população, acarreta na necessidade de consumo, que, de forma incontrolada causa riscos ao meio ambiente. Por exemplo, a água de qualidade para o consumo humano torna-se um recurso cada vez mais escasso, a grande quantidade de resíduo destinado ao meio ambiente torna o problema mais complexo para solução, além do maior custo de implantação e manutenção da infraestrutura para esses serviços (RIBEIRO e ROCKE 2010).

As ações voltadas para o saneamento devem ser analisadas antes de implantadas, estando em conformidade com o local e suas características culturais, sociais, ambientais e econômicas. O sistema de Esgotamento Sanitário (SES) é apresenta maior déficit nas vertentes sanitárias no Brasil, o gráfico1 demonstra o quantitativo de pessoas com ausência de rede coletora de esgoto nas regiões do Brasil:

Gráfico 1: Quantitativo de pessoas sem rede coletora de esgoto nas regiões do Brasil



Fonte: UNDP (2000).

Os frequentes problemas de saúde pública e poluição do meio ambiente obrigaram a humanidade a encontrar soluções para aproveitamento de forma sustentável os recursos disponíveis, além da implantação e aprimoramento de tecnologias de tratamento, possibilitando o reuso ou retorno de forma adequada para o meio ambiente. Um exemplo a ser citado são as Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) que tratam as águas providas de atividades humanas, que estão acrescidas de cargas, e readéquam suas propriedades para reuso ou destinação no meio ambiente.

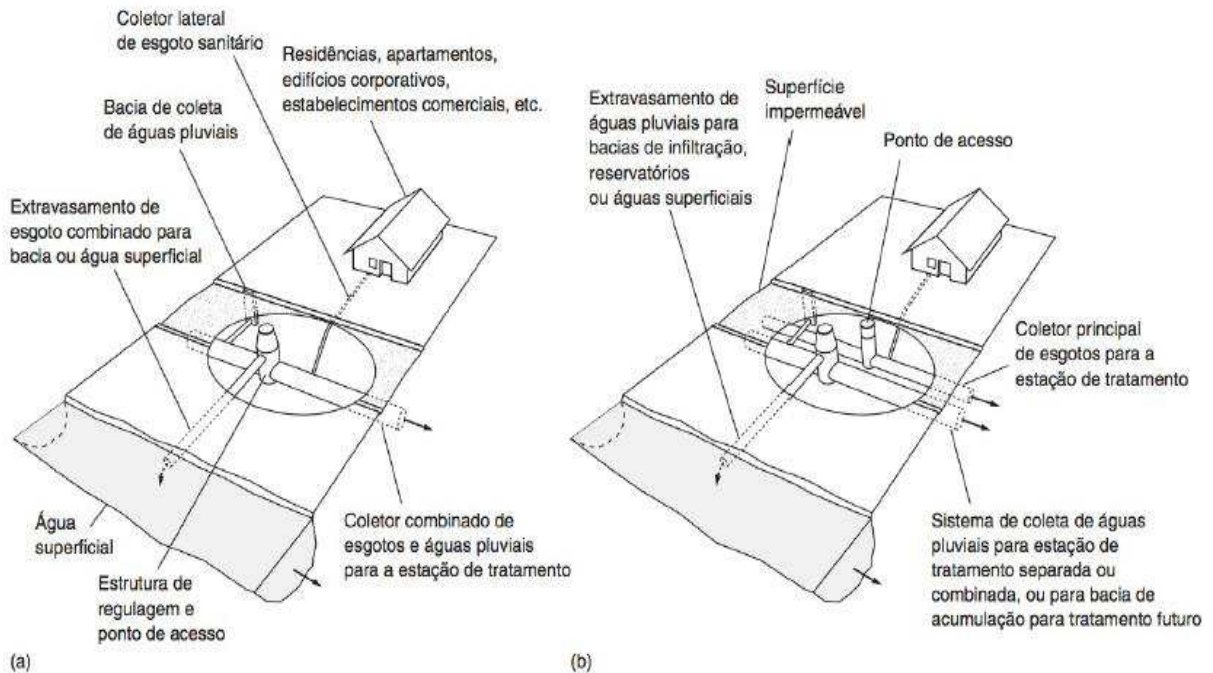
2.2 Sistema de Esgotamento Sanitário (SES)

O sistema de esgotos sanitários consiste na implantação de obras, equipamento e acessórios que possibilitem a coleta, transporte, tratamento e disposição final das águas residuárias, não interferindo as diretrizes sanitárias e ambientais. Esse sistema visa amenizar ou anular o contato do esgoto com a população, águas que sirvam de abastecimento, alimentos e possíveis animais vetores de doenças (RIBEIRO e ROOKE, 2010).

Segundo Von Sperling (2005), há basicamente duas variantes dos sistemas de esgotamento sanitário, o sistema individual e coletivo. O sistema individual ou sistema estático é aplicado para atendimentos locais, adotada principalmente para atendimento unifamiliar ou conjunto com casas próximas, caracterizado por pouca vazão. O sistema coletivo se adequa a grandes demandas populacionais, podendo ser classificado em combinado e separador, onde o primeiro conduz esgoto sanitário e águas pluviais, enquanto o segundo a redes de esgoto e água de chuvas são conduzidas separadamente.

O Brasil é um dos países que se faz obrigatório a utilização do separador absoluto, a Lei do Saneamento 11.445/2007 enfatiza que as águas provenientes das chuvas devem possuir seu própria sistema de coleta, condução, tratamento (caso necessário) e destinação, assim como o sistema de esgotamento sanitário. A figura 1 esquematiza a coleta de forma combinada e no modelo de separador absoluto.

Figura 1: Diagrama esquemático da infraestrutura dos sistemas de coleta combinado e separador



Fonte: Metcalf e Eddy (2016).

Antes da implantação do SES, o estudo de concepção deve ser realizado conforme a NBR 9648/1986, almejando as diferentes visões do sistema que mutuamente formarão um conjunto integrado qualitativamente e quantitativamente para escolha da concepção básica.

As redes coletoras de esgoto serão regulamentadas pela NBR 9649/1986 que estabelece estados exigíveis para projeto hidráulico-sanitário, operando em lâmina livre nas redes.

Segundo Jordão e Pessoa (2014), o esgoto coletado é dividido em dois tipos, esgoto sanitário e industrial que se distinguem principalmente quanto ao tipo de utilização. O sanitário é formado principalmente por águas de fezes, urina, banho, lavagens, restos de comida, resultado de atividades advindas de residências, edifícios ou qualquer lugar que apresente instalações de banheiro, lavanderia, cozinhas ou água com finalidade doméstica. O esgoto industrial diferente do sanitário pois não possui uma composição específica, é o resultado da utilização da água para fim industrial, adquirindo assim características próprias.

2.3 Esgoto Sanitário

Basicamente, o esgoto é o produto do consumo de águas fornecidas em comunidades para diversas aplicações, adquirindo constituintes que se não forem submetidas ao tratamento, não será possível o reuso ou destinação (METCALF e EDDY, 2016).

As aplicações que contribuem na formação do esgoto são basicamente, as domésticas, industriais, agrícolas, pluvial e infiltrações. As domésticas são constituídas de água de banho, fezes, urina, resto de comida, águas de lavagem e sabões, resultado de atividades advindas de residências, edifícios ou qualquer lugar que apresente instalações de banheiro, lavanderia, cozinhas ou água com finalidade doméstica (VON SPERLING, 2005).

Segundo Jordão e Pessoa (2014, p.37) “As características dos esgotos variam quantitativa e qualitativamente com a sua utilização”. Para melhor controle do SES é necessário que se busque o máximo de informações possíveis, garantindo a excelência do sistema.

2.3.1 Características Quantitativas

Trata-se da mais importante das características dos esgotos, indicando o transporte conjunto de todos os seus componentes, tais como água, matéria sólida (mineral ou orgânico), poluentes químicos e microrganismos (JOÃO E PESSOA 2014).

De acordo com Von Sperling (2005), a característica quantitativa é determinada pela vazão (Q), essa unidade é expressa pela relação de volume transportado em um determinado intervalo de tempo, que utiliza como unidade Litros (L) ou metro cúbico (m³) por segundo (s), minutos(min), hora (h) ou dia (d).

Para se determinar a vazão é necessária uma análise criteriosa, identificando pontos que influenciam diretamente e indiretamente na construção, operação e manutenção do sistema de esgotamento sanitário. Primeiramente, o estudo populacional deve ser realizado para determinar o índice de atendimento (parcela da população atendida sobre a total), índice populacional (projeção de crescimento na região de implantação do SES) e população flutuante (aumento populacional em um curto período decorrente de férias e feriados) (VON SPERLING, 2005)

Posteriormente ao estudo da população, é fundamental ter conhecimento do consumo de água que eles terão, evitando assim o subdimensionamento ou superdimensionamento do SES. O consumo é diretamente influenciado por fatores econômicos, sociais e naturais, como demonstrado na Tabela 1.

Tabela 1: Fatores que influenciam no consumo de água

Fator de influência	Comentário
- Disponibilidade de água	- Em locais de escassez de água o consumo tende a ser menor
- Clima	- Climas mais quentes induzem a um maior consumo
- Porte da comunidade	- Cidades maiores geralmente apresentam maior QPC
- Condições econômicas da comunidade	- Um melhor nível econômico associa-se a um maior consumo
- Grau de Industrialização	- Localidades industrializadas apresentam maior consumo
- Medição do consumo residencial	- A presença de medição inibe um maior consumo
- Custo da água	- Um custo mais elevado reduz o consumo
- Pressão da água	- Elevada pressão no sistema de distribuição induz a maiores gastos

Fonte: Von Sperling (2005).

Cálculos desenvolvidos nas literaturas e formulação de tabelas, descrevem o consumo que um habitante tem em média por um período, denominado de *Quato Per Capita* (QPC) ou consumo *per capita*. Na Tabela 2 foram desenvolvidos cálculos para definição do consumo médio diário de água em grandes estabelecimentos na cidade de São Paulo, caso não tivesse a o consumo exato dos locais.

Tabela 2: Consumo *per capita* em diferentes estabelecimentos

Imóvel	Consumo (L/dia)
Alojamento provisório	50 a 80 per capita
Ambulatórios	20 a 25 por atendimento
Apartamentos sem individualização	95 a 160 per capita
Apartamentos com individualização	75 a 125 per capita
Apartamento de luxo	165 a 280 per capita
Residências	70 a 120 per capita
Residências de luxo	120 a 210 per capita
Cinemas e teatros	1 a 2 por lugar
Edifícios públicos ou comerciais	30 a 50 per capita
Escolas - com período integral	35 a 55 per capita
Escolas – Internato	70 a 120 per capita

Escolas - por período	17 a 27 per capita
Escritórios e consultório (médico, dentista, psicólogo etc.)	30 a 50 per capita
Garagens	30 a 50 per capita
Hotéis c/ cozinha e lavanderias	200 a 300 por hóspede
Hotéis s/ cozinha e lavanderias	80 a 120 por hóspede
Jardins	1,0 a 2,0 por m ²
Lava-rápidos automáticos de veículos (fonte da concessionária)	200 a 250 por veículo
Lava-rápidos automáticos de veículos (fonte própria)	50 a 150 por veículo
Lavanderias	30 por kg de roupa ou 1700 por máquina de lavar
Mercados	3 a 5 por m ² de área
Oficinas de costura	30 a 50 per capita
Oficinas de reparo de automóveis	55 a 95 per capita
Orfanatos – Asilos	70 a 120 per capita
Creches	40 a 50 per capita
Postos de abastecimento e serviço automotivos	100 a 150 por veículo
Presídios	115 a 190 por preso
Quartéis	70 a 120 per capita
Restaurantes e similares	15 a 40 por pessoa ou 20 a 26 por m ²
Igrejas e templos	0,5 a 1 por lugar
Padarias (com refeição)	100 a 330 por empregado
Padarias (sem refeição)	30 a 220 por empregado
Drogarias	135 a 835
Farmácias de Manipulação	200 a 1.435
Loja de animais (Pet Shop)	5 a 20 por m ²

Fonte: SABESP (2017).

Segundo Von Sperling (2005), a conversão do consumo de água para contribuição de esgoto não é de forma total, pois parte será utilizada para fins de jardinagem e lavagem por exemplo, encaminhando para rede pluvial a água após uso. Tendo em vista que apenas uma fração do que foi consumido é lançado nas redes de esgoto, determinou-se o coeficiente de retorno (R) que varia entre 40% e 100%, onde usualmente é utiliza-se 80%

no dimensionamento do SES, retorno de 40% geralmente é encontrado em pequenas comunidades onde exista baixa densidade demográfica. Assim são empregadas as equações 1 e 2 para o cálculo da vazão de esgoto, diferenciando apenas nas unidades, a primeira dada em m³/d e a segunda em L/s.

$$Q_{d_{méd}} = \frac{Pop \times QPC \times R}{1000} \quad (1)$$

$$Q_{d_{méd}} = \frac{Pop \times QPC \times R}{86400} \quad (2)$$

É importante enfatizar que essa vazão calculada é a média, e que um dimensionamento determinado apenas a ela está condicionado a falhas, pois existem variações de consumo expressivos ao longo do dia, semana e ano. A NBR 9649/1986 define os coeficientes de maior consumo diário, horário e menor consumo horário, possibilitando mensurar as vazões. A letra K representa os coeficientes, da seguinte forma.

$$K_1 = 1,2 \text{ (coeficiente para dia de maior consumo)}$$

$$K_2 = 1,5 \text{ (coeficiente para hora de maior consumo)}$$

$$K_3 = 0,5 \text{ (coeficiente da hora de menor consumo)}$$

A partir desses coeficientes, são estabelecidas as seguintes fórmulas para vazão máxima e mínima, demonstradas respectivamente nas equações 3 e 4.

$$Q_{máx} = Q_{méd} \times K_1 \times K_2 = Q_{méd} \times 1,8 \quad (3)$$

$$Q_{mín} = Q_{méd} \times K_3 = Q_{méd} \times 0,5 \quad (4)$$

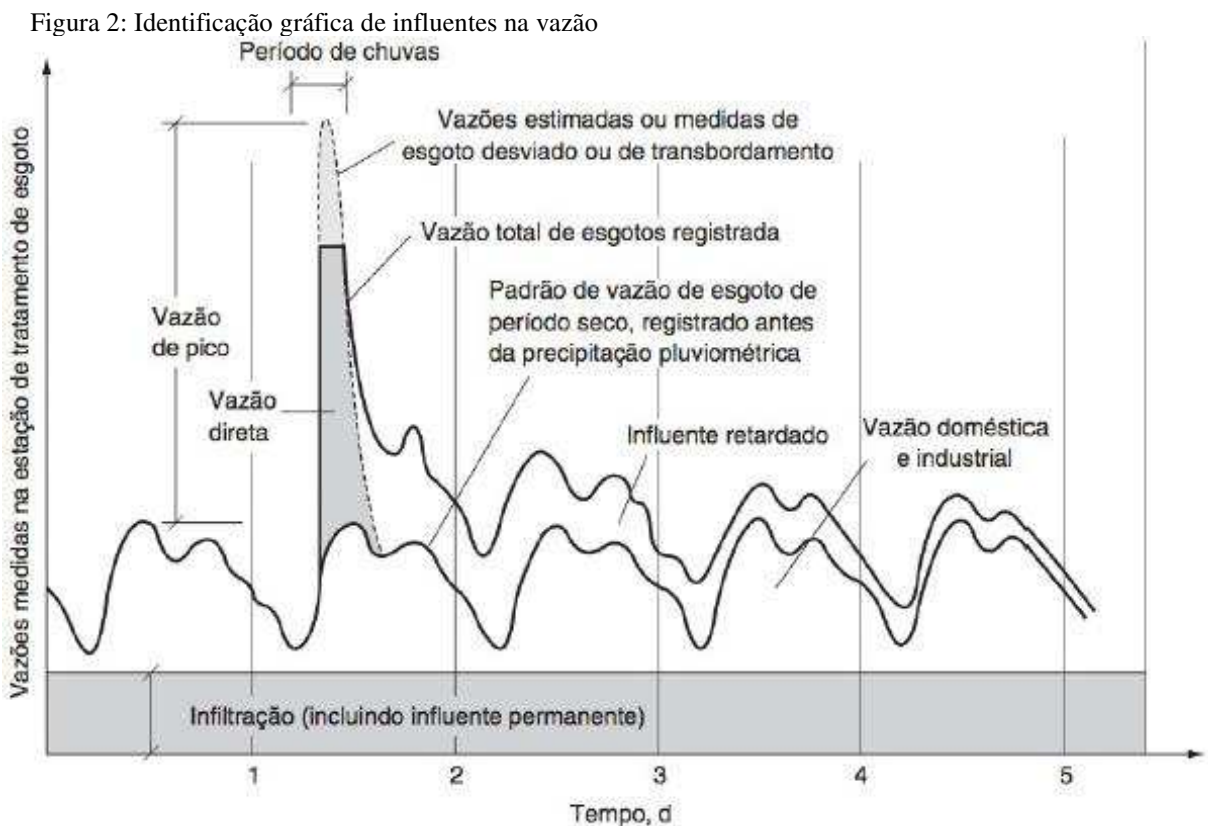
Caso haja condições de se efetuar medições de vazão, de forma que componha um hidrograma cobrindo as variações sazonais, deve-se adotar os dados específicos obtidos para a situação em estudo. Os coeficientes k1, k2, k3 são generalizados, podendo não reproduzir com fidelidade a variação de vazão na localidade em análise. Valores super ou subdimensionados afetam diretamente o desempenho técnico e econômico da estação em projeto (VON SPERLING, 2005).

Além da contribuição per capita, há mais um acréscimo na vazão decorrente das infiltrações, que ocorrem devido os tubos que possuem defeitos, conexões, juntas e por meio das paredes dos poços de visita (PV).

A taxa e a quantidade de infiltração dependem do comprimento do sistema de coleta, da área servida, do solo e condições topográficas e, até certo ponto, da densidade populacional (que afeta o número e o comprimento das ligações domiciliares) (METCALF E EDDY 2016).

A NBR 9649/1986 que trata do projeto de redes de esgoto, define a taxa de infiltração entre 0,05 e 1 L/s.km, isso significa que em percurso de 10km há uma vazão de infiltração entre 0,5 e 10 Litros.

Vale ressaltar que o cálculo da vazão total inclui apenas as contribuições per capita e as infiltrações, levando em consideração o horário, dia de maior e menor consumo, não adentrando ao cálculo as possíveis contribuições em período de chuva, causado pela ligação clandestina de rede pluvial na rede de esgoto e vice-versa. Essa contribuição causa danos ao SES por não fazer parte durante o dimensionamento, tornando a rede de esgoto subdimensionado para essa vazão conjunta, e causando redução da eficiência das ETEs devido a redução da parcela carga orgânica (JORDÃO E PESSÔA). A Figura 2 demonstra o aumento de vazão em período de chuvas.



Fonte: Metcalf e Eddy (2016).

2.3.2 Características Qualitativas

Ao passar por processos de atividades humanas, a água agrega componentes que alteram suas características básicas, se tornando o esgoto, que vai possuir 99,9% de água e 0,1% de material sólido poluente, e de maneira geral, essa pequena parcela é distribuída entre sólidos orgânicos, inorgânicos, dissolvidos e suspensos, que vão variar conforme a utilização em que a água foi sujeita (VON SPERLING, 2005).

Apesar da quantidade de matéria no esgoto ser mínima, há alteração nas características físicas, químicas e biológicas, adotando então propriedades que devem ser estudadas para prosseguir com um tratamento efetivo.

2.3.2.1 Características físicas

Segundo Von Sperling (2005) os principais parâmetros que determinam essas características são temperatura, cor, odor e turbidez.

A temperatura é ligeiramente superior à das águas de abastecimento, influenciando principalmente na atividade microbiana (aumentando o processo de decomposição da matéria orgânica), solubilidade de gases (a solubilidade do oxigênio diminui em temperaturas elevadas), viscosidade do fluido (o aumento da temperatura diminui a viscosidade, proporcionando melhor sedimentação). As variações da temperatura são de acordo com as estações do ano, portanto, podem variar ao longo do ano (METCALF e EDDY, 2016).

A cor trata da principal característica quanto a percepção humana, ela é alterada devido a contribuição de substâncias inorgânicas, orgânicas ou despejos industriais, originando uma cor aparente que após o tratamento tende a sua cor verdadeira (MONTE *et al.*, 2010).

O odor é ocasionado pelos processos de decomposição que a matéria orgânica presente no esgoto sofre, gerando gases com cheiro desagradável. O esgoto fresco possui razoavelmente desagradável, assimila-se ao odor de mofo. O esgoto séptico possui cheiro desagradável, causado pela emissão de gás sulfídrico (H_2S) e outros produtos gerados durante a decomposição anaeróbia do lodo presente na água residuária. O esgoto industrial não possui um odor determinado, fugindo das características apresentadas anteriormente, sendo restringido quando ao processo no qual foi submetido (VON SPERLING, 2005)

De acordo com Jordão e Pessôa (2014), a turbidez é causada pela multiplicidade de materiais suspensos que impedem a passagem de luz no meio.

2.3.2.2 Características químicas

Existem duas classificações para a composição química do esgoto, o primeiro grupo trata da matéria orgânica que constitui cerca de 70% do sólido presente no esgoto e é constituído predominantemente por compostos de proteínas em conjunto com carboidratos gorduras e óleos, conforme o Quadro 2, a pequena parcela refere-se à ureia, surfactantes, fenóis, pesticidas e outros. O segundo grupo trata da matéria inorgânica que é composto pela areia e outras substâncias minerais presentes no esgoto que adentram no sistema principalmente por ligações clandestinas através das águas proveniente de lavagens de ruas, e por meio da rede do SES mediante a fissuras na rede e falhas nas junções (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

Quadro 1: Distribuição da parcela predominante da composição orgânica presente nos esgotos

Grupo	%	Descrição
Proteínas	40-60	É a principal composição do organismo biológico, possui em sua composição carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e em alguns casos ferro, enxofre e fósforo.
Carboidratos	25-50	Primeira substância a iniciar o processo de decomposição, é formada por carbono, oxigênio e hidrogênio.
Gordura e óleos	8-12	Pequena parcela proveniente de origem animal, vegetal e mineral. Deve haver maior controle devido as interferências que esse grupo causa no transporte e tratamento, principalmente os de origem mineral, aumentando a possibilidade de obstrução da rede e atrapalhar o desenvolvimento biológico.

Fonte: Von Sperling (2005).

2.3.2.3 Características biológicas

Demonstrara características quanto aos organismos presentes no esgoto, que são de extrema importância para o tratamento, além de determinar indicadores de poluição no corpo receptor ou em outros meios onde o efluente tratado irá ser utilizado. Os principais organismos presentes nessas águas são os protozoários, fungos, vírus, algas, bactérias, outros grupos de animais e plantas. As bactérias são fundamentais na decomposição e estabilização

da matéria orgânica, apresentando maior diversidade de espécie e capacidade de se adaptar e desenvolver nas condições que o esgoto é submetido (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

2.4 Parâmetros de qualidade do esgoto

Os parâmetros são indicadores estabelecidos para caracterizar e definir toda a matéria orgânica ou inorgânica que foi inserida na água, esses parâmetros determinarão o tipo de tratamento e o grau do tratamento para melhor obtenção de resultados, delimitações quanto ao destino e outras funções. Estudos em torno desses parâmetros fundamentam resoluções e normas, como as resoluções CONAMA 357/200 e 420, e NBR 12209 por exemplo.

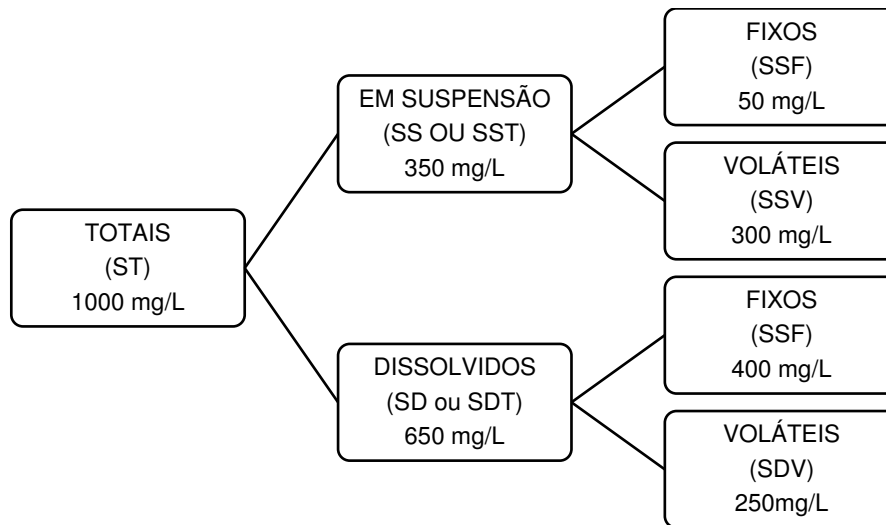
De acordo com Von Sperling (2005), os parâmetros relacionados ao esgoto exclusivamente doméstico são:

- a) Sólidos
- b) Indicadores de matéria orgânica
- c) Nitrogênio
- d) Fósforo
- e) Indicadores de contaminação fecal

2.4.1 Sólidos

Os sólidos serão classificados quanto ao tamanho, aspecto químico e sedimentabilidade. A separação dos tamanhos é realizada através de um papel filtro que possui dimensões padronizadas variando de 0,45 a 2,0 micrometros, os sólidos que permanecerem no filtro são considerados sólidos suspensos e os que passarem serão denominados de dissolvidos. No que tange ao aspecto química, a separação é da seguinte forma, após os sólidos serem submetidos a uma temperatura em torno de 500° C, a parcela orgânica denominada de volátil é oxidada, a outra parcela permanece inerte ao processo é a matéria inorgânica, denominada de sólidos fixos. A sedimentabilidade distingue os solos que após serem inseridos e armazenados no cone Imhoff por um período de uma hora sedimentará os sólidos sedimentáveis e os que permanecerem flutuantes como não sedimentáveis (VON SPERLING, 2005). A Figura 3 ilustra aproximadamente a parcela de sólidos presentes no esgoto.

Figura 3: Distribuição aproximada dos sólidos do esgoto bruto.



Fonte: Von Sperling (2005).

2.4.2 Matéria orgânica carbonácea

A matéria orgânica carbonácea é um indicador de suma importância para determinação do grau de poluição, denota as condições que o corpo d'água se encontra e o impacto que as águas residuárias podem ocasionar.

“A grande maioria dos compostos orgânicos são biodegradável. A biodegradação e o processo de transformação dos compostos orgânicos em compostos minerais ou inorgânicos, por ação de seres vivos, particularmente de microrganismos.” (MONTE *et al.*, 2010, p. 60).

Em termos práticos, usualmente não há necessidade de se caracterizar a matéria orgânica em termos de proteínas, gorduras, carboidratos etc. Ademais, há uma grande dificuldade na determinação laboratorial dos diversos componentes da matéria orgânica nas águas residuárias, face à multiplicidade de formas e compostos em que esta pode se apresentar (VON SPERLING, 2005). A Tabela 3 ilustra métodos para determinação da matéria orgânica.

Tabela 3: Métodos para determinação da matéria orgânica

Método indireto	Método direto
(Medição do consumo de oxigênio)	(Medição do carbono orgânico)
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	Carbôno Orgânico Total (COT)
Demanda Última de Oxigênio (DBOu)	

Demanda Química de Oxigênio (DQU)

Fonte: Von Sperling (2005).

2.4.2.1 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

“A DBO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável.” (ALBURQUERQUE *et al.*, 2009, p. 1). A medida em que há presença de matéria orgânica no curso d'água possibilitará o crescimento de microrganismos que as utilizam para alimento, desenvolvimento e proliferação, resultando no aumento do consumo do oxigênio, a partir dessa análise que o estudo do DBO se baseia, demonstrando a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar de forma bioquímica a matéria orgânica presente em uma amostra.

Para a estabilização completa, é necessário em média, cerca de 20 dias, porém, a análise é realizada no 5º dia, evitando que o processo requeira muito tempo e comprometa análises mais imediatas. A temperatura estabelecida ao longo dos 5 dias são 20°C, isso evita contradições de informações, pois temperaturas diferentes interferem no metabolismo das bactérias (METCALF e EDDY, 2016).

2.4.2.2 Demanda Última de Oxigênio (DBOu)

Para que a estabilização da matéria orgânica seja completa são necessários mais que 5 dias, então a demanda última de Oxigênio (DBOu) determina a quantidade de oxigênio empregado até o momento em que esse consumo não seja mais representativo. A análise é realizada da mesma forma que a DBO₅, distinguindo apenas no período em que a amostra é armazenada, em esgoto doméstico determinou-se que 20 dias são necessários para que a matéria orgânica esteja estabilizada. A diferença entre a DBOu e DBO₅ não é discrepante pois, após os 5 dias, a taxa de consumo do oxigênio pelas bactérias reduz é reduzida (VON SPERLING, 2005).

2.4.2.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Assim como a DBO, a DQO mede de forma indireta o teor de matéria orgânica presente, porém, enquanto a DBO mede o consumo de oxigênio em função da oxidação

bioquímica da matéria orgânica, a DQO faz utilização apenas da oxidação química, adquirida por meio da adição de agente químico (ALBURQUERQUE *et al.*, 2009).

A análise evidencia a quantidade de oxigênio necessária para estabilização da matéria orgânica e requer menos tempo para obtenção de resultados do que as análises de DBO, em um período de 2 a 3 horas é possível realizar o teste. Como trata de uma conclusão de dados imediata, esse teste não demonstra o consumo de oxigênio em função do tempo, além da hipótese de interferências causadas pela oxidação de constituintes inorgânicos (VON SPERLING, 2005).

2.4.2.4 Carbono Orgânico Total (COT)

A análise de COT possibilita dados mais precisos, por ser uma medição direta através de instrumentos que possibilitam estimar o carbono orgânico liberado na forma de CO_2 . Para que não haja interferência nos resultados, é necessário que todo o carbono inorgânico presente na amostra seja removido antes da análise, contabilizando apenas o carbono orgânico (VON SPERLING, 2005).

A determinação de COT é realizada em diferentes áreas de pesquisa, tanto ambiental como industriais, com diferentes objetivos. A determinação de carbono orgânico em uma amostra líquida pode indicar: contaminação de água por compostos sintéticos, fluxo de carbono no sistema, presença de contaminantes biológicos pela formação de biofilmes, mau estado de conservação e ineficiência de um sistema de purificação (BENEDETTI, 2012).

2.4.3 Nitrogênio

Preponderante no esgoto bruto no formato de amônia, nitrogênio orgânico, nitritos e nitratos. São determinados através do método laboratorial Kjeldahl, denominado Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) que quantifica uma parcela significativa do nitrogênio total (JORDÃO e PESSÔA, 2014). As outras substâncias que são íons de nitrito e nitrato estão em pequenas parcelas no afluente das ETE, além de possuir insignificante interferência no tratamento. As equações 5 e 6 ilustram a composição de NTK e Nitrogênio Total (NT).

$$NTK = \text{Amônia} + \text{Nitrogênio Orgânico} \quad (5)$$

$$NT = NTK + NO_2^- + NO_3^- \quad (6)$$

O nitrogênio é essencial para que haja o desenvolvimento de microrganismos durante o tratamento de esgoto, contanto que seja em taxas controladas nos processos para que não haja interferência no oxigênio, alcalinidade e sedimentabilidade do lodo (METCALF e EDDY, 2016).

Em um curso de água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição eventualmente ocasionada por algum lançamento de esgoto a montante. Se esta poluição é recente, o nitrogênio estará basicamente na forma de nitrogênio orgânico ou amônia e, se antiga, basicamente na de nitrato (as concentrações de nitrito são normalmente mais reduzidas), desde que se exista no meio em questão, o a quantidade suficiente de oxigênio dissolvido para permitir a nitrificação (VON SPERLING, 2005).

2.4.4 Fósforo

Presente no formato de fosfato, é dividido em duas formas, primeira é a inorgânica composta por ortofostatos que são moléculas simples para o metabolismo biológico, o polifosfato que são moléculas complexas e necessitam de hidrólise para conversão em ortofostatos, o segunda é de forma orgânica, cuja origem é fisiológica (VON SPERLING, 2005).

Para processos de estabilização da matéria orgânica, o fósforo é de suma importância, possibilitando o crescimento de microrganismos. Em processos de lodo ativado como exemplo, o fósforo requer uma relação DBO:N:P na seguinte medida 100:5:1 (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

Por se tratar de um nutriente para o crescimento das algas, as taxas de fósforo durante o lançamento de efluente tratado em corpos hídricos devem ser controladas, evitando assim, fenômenos de eutrofização (MONTE et al., 2010).

2.4.5 Indicadores de contaminação fecal

A identificação e contagem de microrganismos nos corpos d'água é de particular interesse em relação aos aspectos de proteção da saúde pública. Entre os principais

organismos encontrados nos corpos d'água e no esgoto são bactérias, fungos, algas, protozoários, vírus, plantas e animais. Dentre eles deve-se atentar aos organismos patogênicos, ou simplesmente patógenos, causadores de doenças que costumam ser expelidos juntamente com os excrementos do homem ou dos animais de sangue quente que estejam infectados ou sejam portadores de uma doença (JORDÃO e PESSOA, 2014). A Tabela 4 ilustra os principais indicadores e sua concentração.

Tabela 4: Microrganismo e respectivas concentração no esgoto bruto

Microrganismos	Contribuição unitária Org/hab.d	Concentração org/100ml
Bactérias		
Coliformes Totais	10^9 a 10^{12}	10^6 a 10^{10}
Coliformes Fecais	10^8 a 10^{11}	10^6 a 10^9
Escherichia coli	10^8 a 10^{11}	10^6 a 10^9
Streptococos fecais	10^8 a 10^9	10^5 a 10^6
Protozoários		
Cistos de Giárdia sp.	10^5 a 10^7	10^2 a 10^4
Ocistos de Cryptosporidium spp.	10^4 a 10^5	10^1 a 10^2
Helmintos		
Ovos de helmintos	10^4 a 10^6	10^1 a 10^3
Vírus		
Vírus entéricos	10^5 a 10^7	10^2 a 10^4
Colifagos	10^6 a 10^7	10^3 a 10^4

Fonte: Von Sperling (2005).

A partir da quantidade de organismos presentes no esgoto, é possível determinar a capacidade de proliferação de organismos nesse efluente, que em taxas elevadas, como no caso das algas que desencadeiam o processo de eutrofização, causam impacto ambiental, porém, ainda existem os impactos na saúde humana, ocasionadas principalmente pelos microrganismos patogênicos que se concentram nas fezes de humanos e animais e se dissolvem ao longo da condução e tratamento do efluente.

Em busca de métodos que pudessem definir com maior precisão a concentração de patógenos, utilizou-se as bactérias do grupo coliforme como organismos indicadores de contaminação fecal, capazes de apontar a potencialidade que o efluente tem em transmitir doenças. Os indicadores utilizados são os coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) ou coliformes termotolerantes, e *Escherichia coli* (EC) (METCALF e EDDY, 2016).

Segundo Von Sperling (2005), a escolha desses indicadores é devido a sua maior resistência quando comparadas as bactérias patogênicas intestinais, os coliformes estão dispostos em grandes quantidades nas fezes humanas, facilitando a identificação nas análises.

2.5 Tratamento

Após o consumo da água e conversão para o esgoto, as tubulações fazem o transporte do efluente para Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), caso não seja possível devido a topografia da região, ou necessidades específicas, será imprescindível a implantação de Estação Elevatória de Esgoto (EEE) cuja função é o bombeamento diretamente para estação de tratamento, ou até um nível do terreno que seja possível o escoamento apenas por gravidade, não sendo necessário a utilização de sistemas motobombas para impulsionar o transporte.

Um sistema qualquer de esgotos sanitários encaminha seus efluentes, direta ou indiretamente, para corpos d'água receptores, formados pelos conjuntos de superfície ou de subsolo. A capacidade receptora destas águas, em harmonia com sua utilização, estabelece o grau de condicionamento a que deverá ser submetido o efluente sanitário, de modo que o corpo d'água receptor não sofra alterações nos parâmetros de qualidade fixados para a região afetada pelo lançamento. Os condicionamentos aplicados aos esgotos são comumente denominados de processos de tratamento. (JORDÃO e PESSOA, 2014, p. 93).

A estação de tratamento trata-se da última etapa do sistema antes da disposição do efluente, contempla processos naturais que se assimilam aos ocorridos no corpo d'água receptor, porém em espaços reduzidos e de forma controlada a fim de atingir parâmetros de qualidade estabelecidos.

O corpo receptor ou a atividade que será atribuída ao esgoto tratado estabelecerá os padrões de qualidade que o tratamento deve atingir, assim, existem os níveis de tratamentos que utilizam processos unitários físicos, químicos e biológicos, ilustrados no

quadro 3, que distinguem-se nas proporções de cada processo e níveis de tratamento mais eficazes (METCALF e EDDY, 2016).

O Quadro 3 descreve as operações unitárias que ocorrem durante o tratamento e define cada uma e exemplifica em algumas etapas.

Quadro 2: Descrição dos processos unitários presentes no tratamento de esgoto sanitário

Operação unitária	Definição	Exemplo
Física	Mudança no meio através da aplicação de forças físicas	Gradeamento Mistura Floculação Aeração Sedimentação Flotação Filtração
Química	Alteração do meio através de reações químicas ou por intermédio da adição de produtos químicos	Precipitação Desinfecção Coagulação Troca Iônica
Biológica	Retirada de contaminantes mediante as atividades biológicas	Remoção da matéria orgânica carbonácea Nitrificação Desnitrificação

Fonte: Metcalf e Eddy (2016).

A partir do momento que o esgoto adentra na ETE, ele está sujeito aos processos mencionados, a diferença será na proporção no qual será submetido, possibilitando a diversidade de resultados no final do tratamento. Conforme o esgoto é submetido às operações, etapas são executadas, assim foram atribuídos níveis de tratamento preliminar, primário, secundário e terciários, a fim de indicar os principais processos durante o tratamento.

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa a remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica. Em ambos predominam mecanismos físicos de remoção de poluentes. Já no tratamento secundário, no qual predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente a remoção de matéria orgânica e eventualmente nutrientes (nitrogênio e fósforo). O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou ainda, a remoção complementar

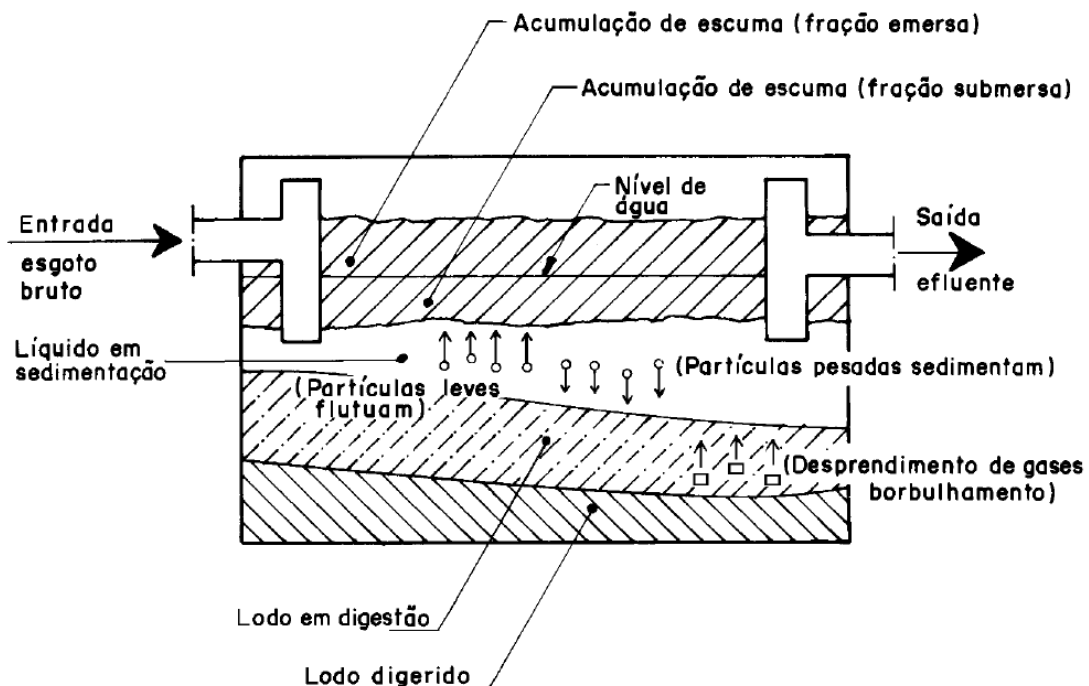
de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário (VON SPERLING, 2005).

A implantação da ETE deve estar em conformidade com o estudo de concepção regido pela NBR 9648/1986, posteriormente, a definição das diretrizes do tratamento deve ser alinhada, escolhendo o nível e o tipo de tratamento mais adequado para aplicação, obedecendo a NBR 12208/1992 e 12209/2011 que tratam dos projetos de estações elevatórias e de tratamento. Os tratamentos usualmente utilizados devidos as características do clima brasileiro são:

2.5.1 Tanque séptico

O tanque séptico trata-se de um local fechado que opera como tanque com fluxo horizontal e contínuo, visando a sedimentação e digestão do esgoto, demonstrado na figura 4. O princípio para que essas operações ocorram no tanque séptico são a permanência do líquido no tanque e a velocidade que ele percorre no meio, possibilitando a deposição de partículas suspensas no fundo e consequentemente submissão a de processos anaeróbios que sintetizam essas partículas em substâncias mineralizadas, gases e líquidos (AZEVEDO NETTO, 1966).

Figura 4: Funcionamento do tanque séptico



Fonte: ABNT (1997).

Os tanques sépticos, usualmente utilizados para pequenas populações contribuintes, são também uma forma de tratamento em nível primário. Os tanques sépticos e suas variantes, como os tanques Imhoff (tanque séptico de câmaras sobrepostas), são basicamente decantadores, onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, constituindo o lodo, o qual permanece no fundo dos tanques por um tempo longo o suficiente (alguns meses) para sua estabilização (VON SPERLING, 2005).

A NBR 7229/1993 rege as diretrizes para projeto, instalação, operação e manutenção dos tanques sépticos no Brasil. Afim de obter maior eficiência no tratamento e disposição do efluente, desenvolveu-se a NBR 13969/1997, que propõe alternativas para implantação de pós tratamento, alinhando a forma de implantação, operação e manutenção do sistema.

2.5.2 Lagoa de estabilização

Philipphi Jr. (2005, p.210) diz que:

As lagoas de estabilização são corpos d'água lânticos, construídos artificialmente para fins de tratamento de resíduos líquidos de natureza orgânica. O tratamento se faz por processos naturais – físicos, biológicos e bioquímicos, denominados autodepuração ou estabilização.

A matéria orgânica presente é estabilizada através de processos biológicos de bacteriológica de fermentação anaeróbio ou oxidação aeróbia, ou redução fotossintética de algas, podendo reagir simultaneamente (JORDÃO e PESSOA, 2014).

Segundo Von Sperling (2005), as lagoas de estabilização são em nível secundário e possuem as seguintes variantes demonstradas no quadro 4 como as mais utilizadas, que serão selecionadas de acordo com a finalidade e os padrões a serem atingidos.

Quadro 3: Variantes das lagoas de estabilização

Variações	Definição
Lagoa Facultativa	O efluente escoia constantemente nas lagoas, e permanecem dias naquele local. A DBO finamente particulada e solúvel é estabilizada aerobicamente por bactérias dispersas no líquido, enquanto a DBO suspensa está sujeita a sedimentação e conversão de forma anaeróbia pelas bactérias situadas no fundo das lagoas. Por meio do processo de fotossíntese, as algas fornecem oxigênio para as bactérias aeróbias.

Lagoa Anaeróbia – Facultativa	Consiste em um sistema com duas lagoas, no qual a primeira, predomina os processos aneróbios e possui remoção em torno de 50-60% removida (convertida em gases e líquidos). A segunda lagoa é facultativa e remove a DBO remanescente da primeira etapa.
Lagoa Aerada facultativa	Semelhante ao processo ocorridos nas lagoas facultativas, porém o fornecimento de oxigênio não é através da fotossíntese realizada pelas algas, ocorre por meio de aeradores mecânicos. As bactérias anaeróbias presentes no fundo decompõem a matéria orgânica que sedimenta.
Lagoa Aerada de mistura completa - lagoa de decantação	Possui maior eficiência na remoção da DBO decorrente da inserção de alta taxa de energia provocada pelo aumento do nível de aeração, produzindo turbulência no meio. Esse fenômeno resulta no alto grau de energia por volume, devido a grande quantidade de matéria orgânica e bactérias em suspensão e mistura completa, assim essas lagoas requerem menor área para implantação do que todas as outras. Devido o elevado volume de biomassa, o efluente final ainda possui elevada taxas de sólidos, sendo necessário a inclusão da lagoa de decantação que tem como finalidade a retirada dos sólidos remanescentes.
Lagoas de alta taxas	Tem intuito da máxima produção de algas em um ambiente totalmente aeróbio. Requer menor profundidade (inferior a 0,80m), garantindo energia luminosa em toda massa líquida. Usualmente há a instalação de agitadores, melhorando o contato entre algas e bactérias. O principal objetivo desse tratamento é a remoção de nutrientes.
Lagoas de maturação	Esse tratamento impõe condições ambientais adversas para os microrganismos patogênicos, impossibilitando sua permanência nas águas residuárias. Os principais métodos utilizados são elevação do pH, aplicação de radiação ultravioleta, elevação da concentração de OD, implantação de organismos predadores etc. Para maximizar a eficiência na remoção de coliformes, as lagoas são projetadas em três ou quatro unidades em série, ou lagoa única com chicanas.

Fonte: Von Sperling (2005).

As lagoas de estabilização possuem satisfatória eficiência na remoção de DBO e patógenos, reduzido custo para instalação, operação e manutenção, além da aceitável resistência a variações de cargas. Em contrapartida, as lagoas requerem extensas áreas para implantação, possuem maior eminência para geração de odores, proliferação de insetos e crescimento de vegetais, e possui performance variável relativo as mudanças climáticas (METCALF e EDDY, 2016).

2.5.3 Reator Anaeróbio

De acordo com Bertoncini (2008, p.161):

O processo anaeróbio baseia-se na utilização de microrganismos, na ausência de oxigênio, para a degradação da matéria orgânica, gerando fases como o metano, dióxido de carbono e amônia. Mais de 130 espécies diferentes de microrganismos decompositores são encontradas em sistemas anaeróbios, sendo as bactérias as mais numerosas. As reações que compõem o processo de digestão anaeróbia são complexas, gerando produtos intermediários, decorrentes da microbiologia e bioquímica do processo anaeróbio.

Nos reatores anaeróbios, a formação de metano é altamente desejável, uma vez que a matéria orgânica, geralmente medida como demanda química de oxigênio (DQO), é efetivamente removida da fase líquida, pois o metano apresenta baixa solubilidade na água. Assim, a conversão dos compostos orgânicos em metano é eficaz na remoção do material orgânico, apesar de não promover a oxidação completa, a exemplo de sistemas bioquímicos aeróbios (CAMPOS, 1999).

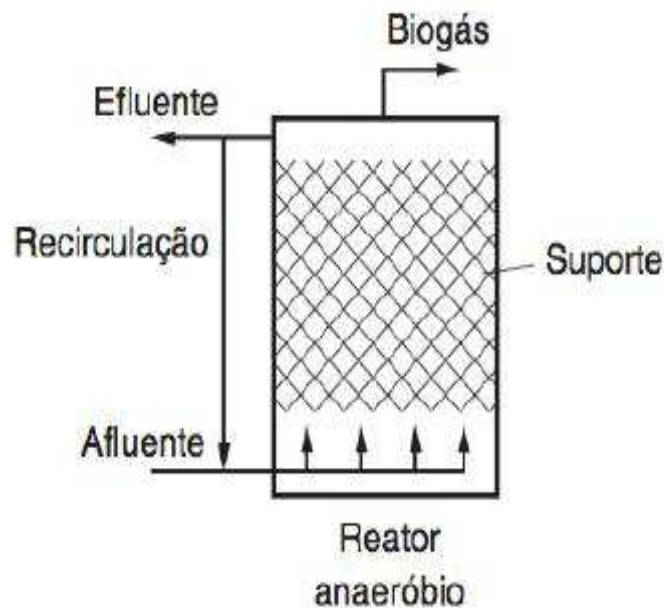
Para que ocorra a conversão de matérias orgânicas como carboidratos, proteínas e lipídios, uma série de processos bioquímicos ocorrem dentro dos reatores anaeróbios. Cada atividade utiliza componentes presente na massa líquida em que por meio de reações resultará em produtos que servem de subsídios para os processos seguintes. Hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese ocorrem de forma sequencial e progressiva, onde a hidrólise trata da degradação de proteínas, carboidratos e lipídeos em componentes menos complexos como aminoácidos, açúcares, ácidos graxos e glicerina, essas substâncias servirão de subsídios na acidogênese para conversão em álcoois, ácido lático e compostos minerais, assim a acetogênese, por meio dos componentes gerados do processo anterior, produzirá acetato, hidrogênio e dióxido de carbono, que servem de substrato no processo de metanogênese e produção do metano (METCALF e EDDY, 2016).

Apesar da diversidade de variações entre reatores anaeróbios, Von Sperling (2005) ressalta que o Filtro Anaeróbio e o Reator Anaeróbio de Manta de Lodo UASB são usualmente os mais utilizados para tratamento de esgoto doméstico.

2.5.3.1 Filtro Anaeróbio

Um filtro anaeróbio (FAN) é um reator não misturado, estático, que utiliza biomassa aderida na forma de um filme fixo em um meio suporte, de maneira a obter uma elevada concentração de biomassa no sistema, mantendo-se um TRS (tempo de retenção de sólidos) que permita o tratamento de efluentes utilizando-se tempos de detenção hidráulico na faixa de 1 a 3 dias, ilustrado esquematicamente na figura 5. Esse processo pode operar com cargas de DQO entre 5 e 20 kg/m³, podendo ser projetado com fluxo ascendente ou descendente (METCALF e EDDY, 2016).

Figura 5: Esquemática do reator Anaeróbio



Fonte: Metcalf e Eddy (2016).

O sistema de sépticos seguidos de filtros anaeróbios (também chamados de sistema fossa – filtro) tem sido amplamente utilizado no meio rural e em comunidades de pequeno porte. O tanque séptico remove a maior parte dos sólidos em suspensão, os quais sedimentam e sofrem o processo de digestão anaeróbia no fundo do tanque. O filtro anaeróbio efetua a remoção complementar de DBO (VON SPERLING, 2005).

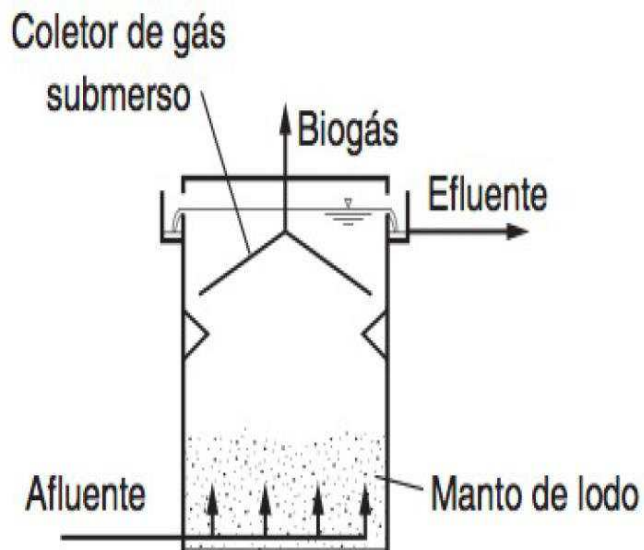
Essa variante de tratamento anaeróbia vantagens devido a razoável eficiência na remoção de DBO, requer menor área para implantação, baixo custo de instalação e operação, flexível a diferentes tipos e concentrações de esgoto. Os filtros anaeróbios possuem um déficit na remoção de coliformes e nutrientes como o nitrogênio e potássio, portanto, para

lançamentos mais restritivos, é aconselhável a adição de outra etapa no processo de tratamento (CHERNICHARO, 1997).

2.5.3.2 Reator anaeróbio de manta de lodo

Além de reator anaeróbio de manta de lodo, existem outras denominações como Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e de Manta de Lodo (RAFA), UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) ou popularmente reduzido a Reatores anaeróbio. Geralmente são instalados de forma única ou com pós tratamento, aumentando a eficiência na remoção de matéria sólida e patógenos (JORDÃO e PESSÔA, 2014). O reator UASB é esquematizado conforme a Figura 6.

Figura 6: Esquemática do reator UASB



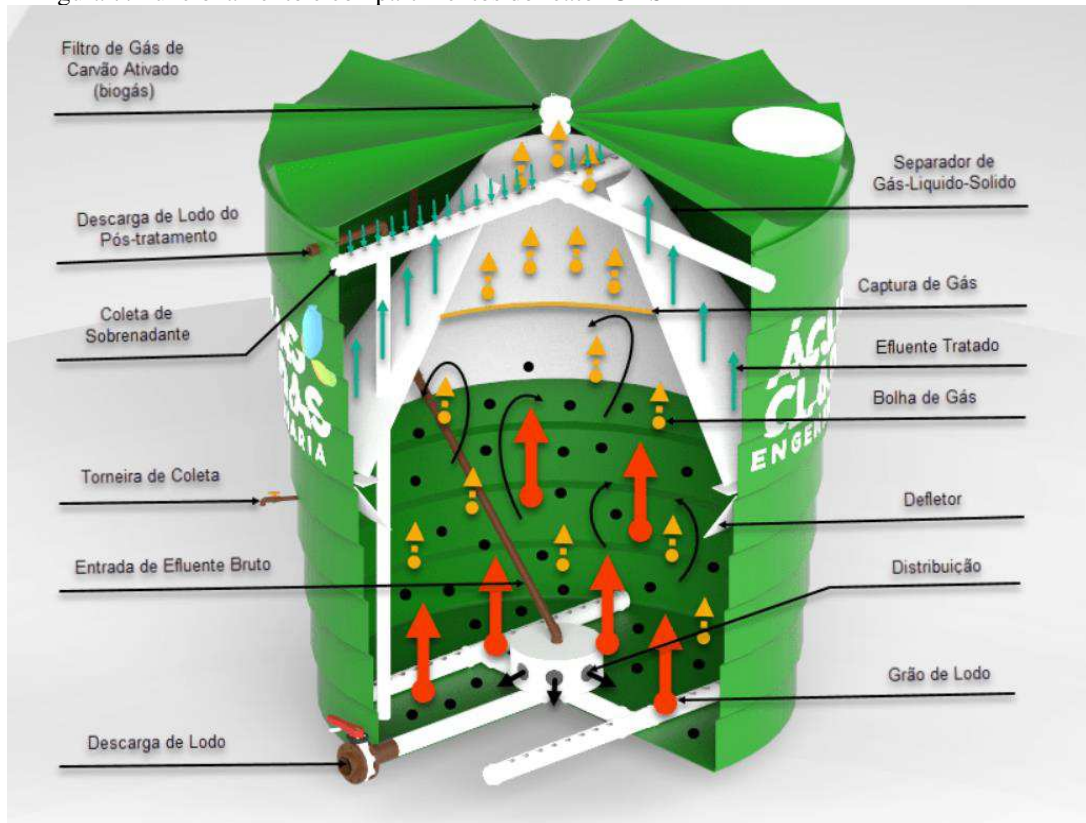
Fonte: Metcalf e Eddy (2016).

O processo dos reatores UASB consiste essencialmente de um fluxo ascendente de esgotos através de um leito de lodo denso e de elevada atividade, o que causa a estabilização de grande da matéria orgânica pela biomassa (CHERNICHARO, 1997).

O líquido entra no fundo e se encontra com o leito de lodo, o que causa a adsorção de grande parte da matéria orgânica pela biomassa. O fluxo do líquido é ascendente. Como resultado da atividade anaeróbia, são formados gases (principalmente metano e gás carbônico), as bolhas dos quais apresentam também tendência ascendente. De forma a reter a biomassa no sistema, impedindo que ela saia com o efluente, a parte superior dos reatores

de manta de lodo possui estrutura que possibilita as funções de separação e acúmulo de gás e de separação e retorno dos sólidos (biomassa). Estrutura é denominada separador trifásico, por separar o líquido, os sólidos e os gases. Sua forma é comumente de um tronco de pirâmide ou cone invertido (VON SPERLING, 2005). A Figura 7 demonstra o funcionamento do UASB.

Figura 7: Funcionamento e compartimentos do reator UASB



Fonte: Disponível em <http://aguasclarasengenharia.com.br/como-funciona-reator-uasb>.

A biomassa presente nesses reatores aumenta de forma constante, ocasionado pela entrada de matéria orgânica, por mais que a produção de lodo seja reduzida, para que não haja um desequilíbrio no sistema, é necessário que se faça a retirada periódica do lodo formado. O lodo retirado necessitará passar apenas por processos de desidratação, pois os processos que ocorrem nos reatores possibilitam a digestão e adensamento desse lodo (CAMPOS, 1999).

Conforme Von Sperling (2005), a remoção de DBO fica em torno de 70%, abaixo da maioria dos processos de tratamentos, e inviável para lançamento em corpo receptor. O aumento da eficiência pode ser obtido por meio da adição de pós tratamento, onde usualmente são utilizados com maior frequência, os Filtros Submersos Aerados (FSA), constituído por

reatores alimentados por um sistema de inserção de ar, possibilitando remoção da DBO remanescente através de bactérias aeróbias. A eficiência na remoção de DBO aumenta consideravelmente, variando entre 83 e 93%, ademais, o processo aeróbio possui maior eficácia quanto a remoção de nutrientes, visto que apenas o reator UASB a retirada é praticamente nula.

2.5.4 Lodo Ativado

O sistema de tratamento denominado lodos ativados é um sistema de tratamento de efluentes com alta eficiência na remoção de matéria orgânica presente. O processo de tratamento possui natureza biológica, onde a matéria orgânica é depurada através colônias de microrganismos heterogêneos específicos, submetidos à presença de oxigênio (processo exclusivamente aeróbio). Essas colônias de microrganismos uma massa descrita como lodo (lodo ativo, ativado ou biológico) (COMUSA, 2017).

Segundo Metcalf e Eddy (2016), o tratamento por lodo ativado consiste na aplicação de três componentes, o primeiro trata do reator que deve manter os microrganismos suspensos e aerados, o segundo é a existência de uma unidade de separação da fase sólida e líquida, e por último, um sistema de recirculação na unidade separadora direcionando o material sólido para os reatores. A partir desses princípios, outras configurações foram elaboradas de forma a atender as necessidades propostas.

Para que a finalidade desse tratamento seja atingida é importante que se mantenha a alta taxa de biomassa presente nos reatores, promovida pela recirculação da massa orgânica nos decantadores, não comprometendo o tratamento do efluente (VON SPERLING, 2005).

Com o consumo da matéria orgânica, a biomassa cresce, aumentando o teor de sólidos no reator e caso o processo fosse mantido nesta condição de crescimento livre, a concentração de biomassa seria muito elevada e prejudicaria a eficiência do sistema de aeração quanto à transferência de oxigênio para a massa líquida. Além disso o excesso de lodo também sobrecarrega a operação de sedimentação, não havendo as condições favoráveis para sedimentação, a biomassa deixa o sistema junto com o efluente tratado, prejudicando assim sua qualidade. A gestão do lodo nesse tratamento assume papel crucial no resultado do tratamento (MARTINS NETO, 2014).

A capacitação profissional é de suma importância nesse tipo de tratamento, a operação e manutenção deve ser treinada, obtendo conhecimento para o acompanhamento do tratamento desde o nível preliminar até o tratamento secundário, ou terciário, caso existente, a constância operacional dos equipamentos e gestão eficaz do lado garantirá a excelência operacional.

Conforme Von Sperling (2005), as principais variantes do tratamento de lodo ativado são Lodos Ativados Convencional, Aeração Prolongada e Fluxo Intermitente (Batelada), que em questão de processos são diferenciados quanto a idade do lodo e fluxo do efluente.

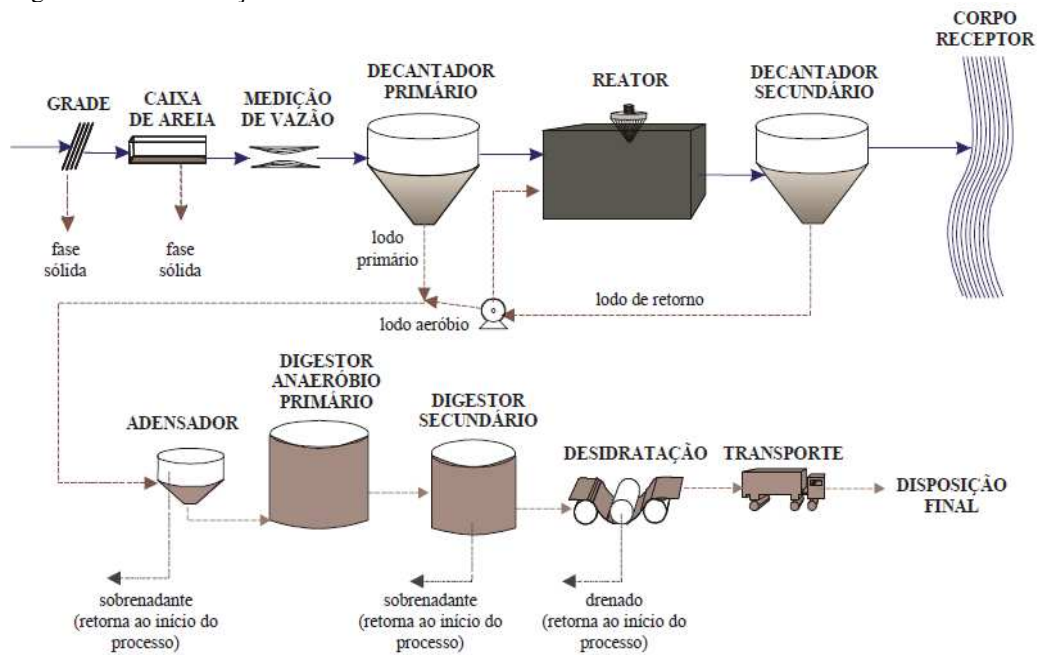
2.5.4.1 Lodo Ativado Convencional

O lodo ativado convencional tem por finalidade a remoção de substâncias orgânicas dissolvidas, semidissolvidas e finamente particuladas. Esse processo é considerado tratamento secundário no fluxograma da fase líquida, ilustrado na figura 8. Sua eficiência típica fica em faixa de 85-95% para DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio); 85-95% para SST (Sólidos em Suspensão Totais) (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

O tempo de detenção hidráulica fica em torno de 6 a 8 horas, enquanto a retenção de sólidos fica de 4 a 10 dias, garantindo a eficiência na remoção, visto que a biomassa possui maior tempo para deterioração da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005).

Para se economizar em termos de energia para a aeração, parte da matéria orgânica (em suspensão, sedimentável) dos esgotos é retirada antes do tanque de aeração, através do decantador primário. Assim, os sistemas de lodos ativados convencional têm como parte integrante também o tratamento primário (METCALF e EDDY, 2016).

Figura 8: Sistematização do tratamento de lodo ativado convencional

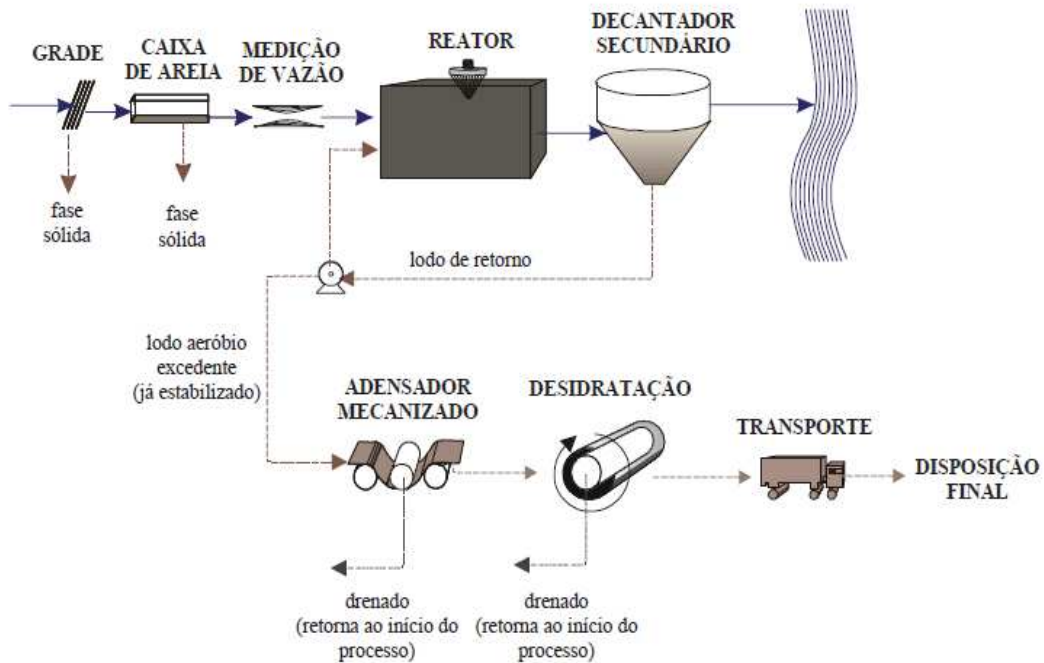


Fonte: Von Sperling (2005).

2.5.4.2 Lodo Ativado com Aeração Prolongada

Nesse sistema, o lodo reside por um período maior, ordem de 18 a 30 dias, e retenção hidráulica entre 16 e 24 horas, sendo necessário o aumento da capacidade dos reatores em comparação ao sistema de Lodo Convencional. Como resultado, há o aumento progressivo da biomassa causando diminuição de matéria orgânica, considerada substrato energético para sobrevivências dos organismos, assim, com a ausência de alimento, as bactérias começam a utilizar a própria matéria orgânica das células para realização dos processos metabólicos, estabilizando a biomassa presente no reator. Esse processo dispensa a utilização de digestores para estabilização do lodo, visto que o mesmo já se encontra estabilizado. A instalação de adensadores é opcional, sendo imprescindível etapa de desidratação (HAANDEL e MARAIS, 1999). A Figura 9 demonstra o fluxograma desse tratamento.

Figura 9: Sistematização do tratamento de lodo ativado com aeração prolongada



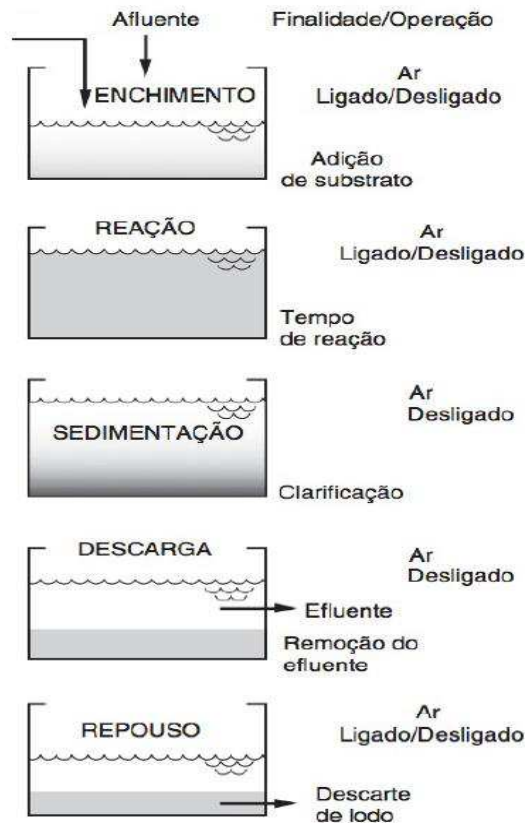
Fonte: Von Sperling (2005).

A consequência desta simplificação do sistema é o maior gasto com energia para aeração, já que o lodo é estabilizado aerobicamente no reator. Por outro lado, a reduzida disponibilidade de alimento e a sua praticamente total assimilação fazem com que a aeração prolongada seja um dos processos de tratamento dos esgotos mais eficiente na remoção de DBO (VON SPERLING, 2005).

2.5.4.3 Fluxo Intermitente (Batelada)

O princípio do processo de lodo ativados com operação intermitente é a utilização presentes no sistema de lodo ativado convencional (decantação primária, oxidação biológica, decantação secundária e bombeamento do lodo) operadas em apenas um tanque. Por ser único, as operações não ocorrem simultaneamente, sendo de forma sequencial ao longo do tempo. Esse modelo de tratamento é flexível tanto para utilização convencional quanto aeração prolongada. Na modalidade de aeração prolongada, o tanque único passa a incorporar também a unidade de digestão (aeróbia) do lodo (VON SPERLING, 2005). A figura 10 ilustra o funcionamento desse sistema.

Figura 10: Diagrama esquemático das etapas de lodo ativado em reator batelada sequencial.



Fonte: Metcalf e Eddy (2016).

2.5.5 Desinfecção

Tratamento utilizado para remoção de patógenos presentes no efluente de modo a garantir proteção da saúde pública. Após o tratamento, o efluente será reutilizado ou destinada a corpo hídrico que porventura, seus meios possibilitam a recreação, irrigação e consumo humano, assim, deve-se reduzir e anular os impactos que patógenos causaram na saúde pública.

O tratamento de desinfecção mais utilizado devido a acessibilidade e custo benefício é a cloração, realizado por meio da utilização de componentes como cloro gasoso, hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio e dióxido de cloro, a fim de obter o extermínio parcial ou completo dos patógenos através da inativação celular (JORDÃO E PESSÔA, 2014).

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece padrões para concentração de patógenos lançados em corpo hídrico, representado por coliformes termotolerantes que são

microrganismos utilizados como indicadores. Em rios classe II, classificados pela mesma resolução, as exigências são maiores devido o contato direto do homem para usufruo.

Para o uso de recreação de contato secundário não deverá ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para dessedentação de animais criados confinados não deverá ser excedido o limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras, coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *E. Coli* poderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerantes de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente (CONAMA 357, 2005, p.11).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações iniciais

Neste capítulo serão descritas as estações de tratamento através da obtenção de dados de projeto e acompanhamento *in loco*, além da determinação dos parâmetros utilizados que estimam o grau de eficiência do tratamento.

A análise proposta baseia-se no comparativo entre duas estações de tratamento distintas, através do entendimento do sistema, operação e confronto de dados de eficiência através da análise do esgoto pós-tratamento.

3.2 Métodos

Inicialmente será descrito a localização de cada ETE e descrição do sistema em que elas estão inseridas, seguido das descrições do funcionamento do sistema por meio de análises dos manuais e projetos das respectivas estações, e acompanhamento *in loco* para certificação do funcionamento.

As análises de eficiências serão obtidas através de parâmetros coletados na empresa responsável pela operação das ETEs, que realiza análises periodicamente visando as conformidades com as legislações vigentes.

Por fim, o acompanhamento das atividades operacionais que são de suma importância no funcionamento das ETEs, refletindo diretamente nos resultados que serão analisados e discutidos.

3.3 Área de estudo

3.3.1 Localização das Estações de Tratamento de Esgoto (ETE)

3.3.1.1 Lodo Ativado

O local escolhido para estudo da Estação de tratamento de Esgoto foi o Residencial Damha Araçagy, localizado na rodovia MA 203, s/nº, município de Paço do Lumiar – MA, conforme a Figura 11. Trata-se de um empreendimento com loteamentos de padrão alto, onde atualmente é composto por possui 29 casas resididas, 23 em processo de

construção, restando 343 lotes residências para implantação, e extensão de rede de 4.627,84 m.

Figura 11: Localização da ETE e Residencial Damha Araçagy



Fonte: Google Earth (2019).

3.3.1.2 Reator Anaeróbio + Pós Tratamento

A ETE está situada na travessa da Estrada de Ribamar (MA-201), s/n°, CE no município de São José de Ribamar – MA, conforme a Figura 12. Contempla no seu sistema a contribuição do Condomínio Residencial Recanto Verde I, II, III e IV, totalizando 992 apartamentos caracterizados como padrão baixo, centro comercial composto por 14 lojas e extensão de rede 1.266,30 m.

Figura 12: Localização da ETE e Residencial Recanto Verde



Fonte: Google Earth (2019).

3.3.2 Descrição dos Sistemas

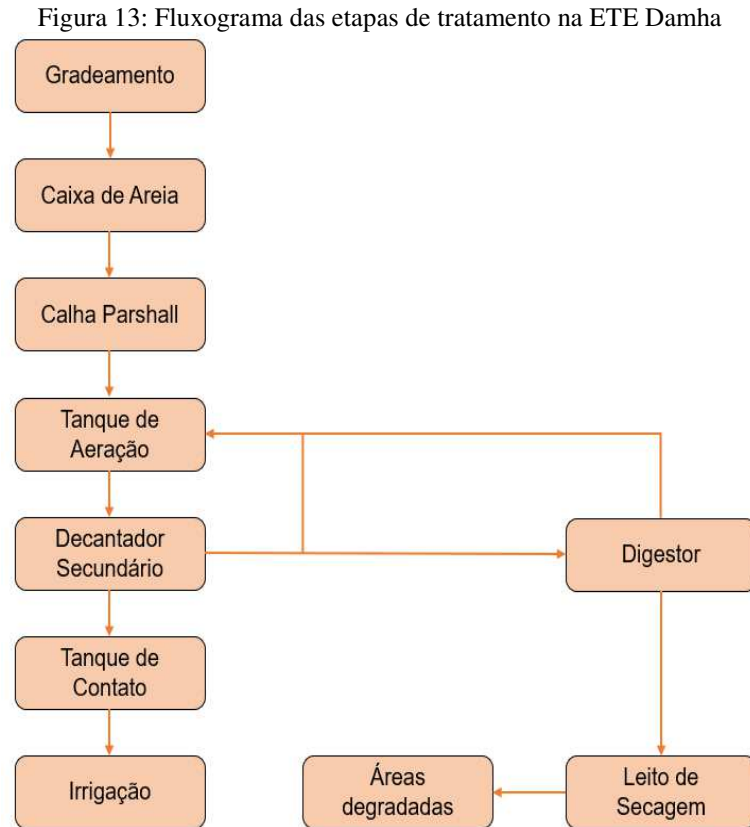
3.3.2.1 Lodo Ativado

A ETE contempla o sistema de Lodo Ativado com Aeração Prolongada, que apresenta alto desempenho quanto a remoção da DBO (maior que 90%), insignificantes taxas de emissão de metano e dióxido de carbono, prezando a preservação do meio ambiente. A área para implantação é reduzida, por se tratar de um tratamento que possui alta taxa de carga por volume e tempo de retenção hidráulica entre 16 e 24 horas (VON SPERLING, 2005)

Tendo em visto o custo necessário para instalação, operação e manutenção da ETE o projeto objetiva que se utilize da melhor forma todos os produtos e subprodutos gerados durante o tratamento, caso haja a possibilidade. O tratamento propicia a geração de um lodo estabilizado, sem odor, que precisará apenas de um processo de desidratação. O projeto recomenda que esse lodo seja utilizado na recuperação de áreas de degradadas. O

efluente após tratado, será direcionado para a rede de irrigação do condomínio, sendo reutilizado nos jardins e áreas verdes distribuídas no residencial.

Para que se atinja os objetivos propostos, o sistema foi planejado e definido conforme a Figura 13, contendo as seguintes unidades.



Fonte: Autor (2019).

3.3.2.1.1 Gradeamento

Processo preliminar que retém os materiais sólidos grosseiros presentes no esgoto, através de operações físicas. Tem como finalidade remoção de parte da matéria orgânica, proteção dos equipamentos e componentes de transporte das etapas posteriores como bombas e tubulações.

O Gradeamento é realizado por duas telas de aço inoxidável, a primeira possui aberturas de 28mm, enquanto a segunda tela dimensões menores 16 mm, proporcionando de forma eficiente a remoção de sólidos grosseiros.

3.3.2.1.2 Caixa de Areia

Designado principalmente para remoção de material mineral como areia, pedregulhos, silte, cascalho e outros sólidos sedimentáveis que conseguiram passar pela etapa do gradeamento. A remoção de matéria orgânica como vegetais (verduras, frutas, folhas grãos), gorduras são extraídas nessa etapa. Plástico, pelos, cabelos e fibras também podem ser encontrados.

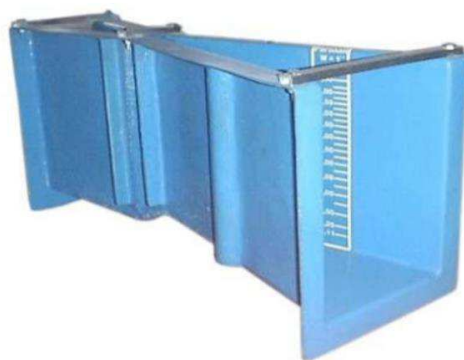
Essa etapa tem como finalidade manter a vida útil de equipamentos e tubulações componentes do tratamento, além de evitar avarias nos resultados do tratamento.

As caixas de areia ou canal desarenador foram projetadas em dois canais, que serão operados de forma alternada. Cada canal possui comprimento de 5 metros, largura de 25 centímetros e altura de 80 cm.

3.3.2.1.3 Calha Parshall

Instrumento para medição de vazão, que possui medidas predispostas que permitirá a medição da vazão instânea a partir da medição da altura. As calhas Parshall possuem tamanhões padrões e possuem formato conforme a figura 14, a escolha dos tamanhos é em decorrência da vazão.

Figura 14: Calha Parshall



Fonte: Digiflow (2019).

Foi utilizado uma calha Parshall pré-moldada de 3” que atende a vazões máxima e mínima de 193,68 e 2,88 m³/h respectivamente, que equivalem a 53,80 e 0,80 L/s, atendendo a vazão de entrada da ETE.

3.3.2.1.4 Tanque de Aeração

O esgoto é direcionado para o tanque de aeração ilustrado na Figura 15 onde será submetido a ação de um aerador flutuante com potência de 3 cv que tem como objetivo a inserção de ar no fluído e a agitação, mantendo a matéria suspensa e evitando a sedimentação.

Figura 15: Tanque de Aeração com aerador flutuante



Fonte: Autor (2019).

As bactérias presentes nesse tanque são aeróbias e utilizam o oxigênio fornecido pelos aeradores e a DBO do esgoto afluente para se desenvolver e multiplicar, liberando gás carbônico nos processos. Durante essa etapa não há emissão de odores, devido as características aeróbias do tratamento, oxidando completamente a matéria orgânica.

As taxas de sólidos suspensos totais (SST) devem ser controladas, a fim de evitar que o lodo presente no tanque de aeração se envelheça e sobrecarregue os tanques com lodo. A taxa de SST deve ficar na faixa de 3.000 a 6.000 mg/L e o volume de lodo deve variar de 180 a 560 ml/L, conforme o projeto da estação determina.

A ETE possui dois tanques em concretos e impermeabilizados, a fim de evitar que a umidade interfira na estrutura. Possui largura e comprimento de 9 m, e profundidade de 3,25 m.

3.3.2.1.5 Decantador Secundário

Etapa cuja função é a separação do lodo que é mantido suspenso no tanque de aeração pelos aeradores flutuantes. O processo ocorre através da separação física das partículas sólidas e meio líquidas, onde os sólidos decantam e ficam armazenados no fundo dos tanques. O material decantado trata-se do lodo que deve ser reutilizado nos tanques de aeração, mantendo alta a taxa de SST por volume de efluente. Caso o volume de lodo presente no Tanque de Aeração esteja acima do permitido para eficiência do processo, a recirculação não é mais viável, sendo necessário a retirada desse lodo direcionando-o para o digestor.

A ETE apresenta dois tanques de decantação conforme a Figura 16 com que recebem vazões igualitárias, em opera com uma bomba centrífuga de rotor aberto com potência de 1 cv. O Tanque possui dimensão retangulares com o fundo no formato de tronco piramidal invertido de 4,40 m de comprimento e largura com profundidade de 5,65 m e fundo com declividade de 60°.

Figura 16: Decantadores secundário



Fonte: Autor (2019).

3.3.2.1.6 Digestor

A quantidade de lodo excedente existente no sistema é direcionada para o digestor, (ilustrado na figura 18) esse manuseio deve ser feito periodicamente, através da bomba de recirculação no decantador. Com um auxílio de um aerador fixo de fluxo descendente com potência de 5cv, a matéria orgânica presente no lodo se mineraliza no fundo do digestor. Esse processo dura em média 4 horas, podendo variar de acordo com as circunstâncias que o lodo se encontra (lodos menos densos e leves levariam mais tempo). Após a separação a parte sólida é transportada para o leito de secagem, enquanto a líquida retorna para o tanque de aeração

O digestor foi construído em concreto com área quadrada medindo 4 metros cada lado, e profundidade de 2,80 metros. A saída dos tanto do efluente quanto do lodo é através de força gravitacional e direcionada aos seus destinos por meio de tubulações.

3.3.2.1.7 Tanque de Contato

Última etapa do tratamento antes da reutilização do efluente. Consiste na etapa de desinfecção (ilustrado na figura 19), realizada no tanque de contato mediante a adição de produto químico que promove a cloração do efluente, esse procedimento visa a inativação de patógenos por meio da ação do cloro ou agente desinfetante, que reage com as enzimas dos microrganismos levando-os a morte. Controle de odores e organismos patogênicos, e redução de carga orgânica são as principais premissas desse tratamento quando utilizado como última etapa do processo.

O produto químico utilizado no tanque de contato para desinfecção são pastilhas de hipoclorito de cálcio, que se dissolvem junto ao efluente. Como o efluente será utilizado na irrigação de jardins, deve ser aplicado a dosagem mínima que atenda aos padrões de rio Classe II, conforme a resolução CONAMA nº 357/2005.

A unidade possui um tanque de contato com 9m de comprimento, 3,60m de largura e 5,65m de altura, contêm dois cloradores de passagem, responsáveis pelo armazenamento e inserção do hipoclorito de cálcio no efluente.

A concentração de cloro deve variar entre 0,2 e 0,5 mg/L, sendo controlada por meio de uma bomba dosadora de cloro que dosa a medida ajustada pelo operador.

3.3.2.1.8 Desidratação

Espaço físico designado para remoção da umidade presente no lodo digerido. Após passar pela digestão, o lodo ainda possui teor de umidade de 96% e 4% de sólido (JORDÃO e PESSÔA, 2014). É necessário que haja a desidratação do lodo, removendo a parcela significativa de umidade presente, tornando viável a utilização ou disposição da parcela sólida.

O meio utilizado para desidratação do lodo na ETE são os leitos de secagem, espaço físico em formato retangular que permitem a evaporação da umidade do lodo, demonstrados na Figura 17. São compostos por tanques com camadas drenantes e cobertura que possibilite a entrada de raios solares e não permita a interferência de chuvas.

Figura 17: Leitos de secagem



Fonte: Autor (2019).

Foram dimensionados dois leitos com 8 m de comprimento, 5 m de largura e 1 m de profundidade cada, contemplando 5 camadas filtrantes organizadas de acordo com a Tabela 5.

O projeto recomenda que após a desidratação do lodo, o material seja retirado e utilizado em áreas degradadas, possibilitando o aproveitamento de forma benéfica o produto gerado no tratamento. A empresa responsável pela operação na estação não reaproveita esse material ainda, sendo destinado apenas para aterros licenciados para essa atividade.

Tabela 5: Camadas e alturas componentes do leito de secagem

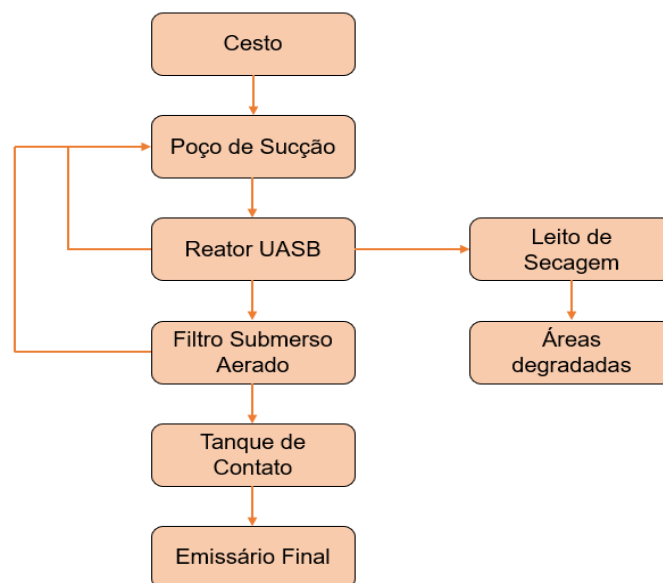
Camadas	Altura (m)
Tijolo laminado	0,05
Areia	0,05
Pedrisco	0,1
Brita 2	0,15
Brita 1	0,15

Fonte: Autor (2019).

3.3.2.2 Reator Anaeróbio + Pós Tratamento

O tratamento consiste no funcionamento em série de três reatores, um reator UASB responsável pelo tratamento anaeróbio, seguido de um Filtro Submerso Aerado (FSA) e Tanque de Contato estruturando o pós-tratamento. A aplicação de apenas o UASB no tratamento apresenta resultados não satisfatórios para o quadro inserido, sendo necessário o acréscimo de outra tecnologia capaz de aumentar a capacidade de tratamento. A ETE detém as etapas conforme a Figura 18 demonstra.

Figura 18: Fluxograma das etapas de tratamento na ETE Recanto Verde



Fonte: Autor (2019).

O tratamento promove a remoção de 83 a 93% da DBO, retirada de nutriente em consequência do acréscimo do FSA, baixo requisito de área para implantação, baixo custo energético, além de geração de produtos que podem ser reutilizados de forma benéfica como restituição de áreas verdes através do lodo, ou geração de energia mediante a produção de biogás.

3.3.2.2.1 Cesto

Equipamento responsável pelo tratamento preliminar do efluente ao chegar na unidade de tratamento, ilustrado na Figura 19. O cesto consiste em uma tela com dimensão cilíndrica e diâmetro de 40cm. Durante o fluxo, os sólidos presentes com dimensões maiores ficam retidos nas grades internas com barras de 20mm e espaçamento de 25mm, além de passar por outro processo de filtragem por orifícios de aproximadamente 15mm nas paredes do cesto. Esse aparelho evita que materiais grosseiros possam interferir nos equipamentos e processos de tratamento seguintes.

Figura 19: Cesto



Fonte: Autor (2019).

O cesto situa-se logo após a tubulação de chegada de esgoto da ETE, no poço de sucção. Confeccionado com PRFV, sua operação é manual, por meio de um pórtico, roldana e corda para seu içamento e limpeza com rastelo e mangueira com água.

3.3.2.2.2 Poço de Sucção

Local que recebe o esgoto e direciona por meio de conjunto motor bomba para os reatores. Também denominado como Elevatória, ou Tanque de Equalização, o poço de sucção recebe o esgoto após passar pelo processo preliminar. Mantém o afluente armazenado por um tempo determinado e posteriormente direcionado através de um conjunto motor bomba para a etapa posterior. O Poço de sucção (demonstrado na Figura 20) mantém a vazão efluente constante, mesmo com vazões afluentes variáveis, possível devido aumento da capacidade do tanque, aumentando o tempo de detenção hidráulica.

Figura 20: Poço de sucção e pódio para içamento da bomba submersível e cesto



Fonte: Autor (2019).

Segundo a NBR 12208/1992 o tempo de detenção nos poços de sucção não devem exceder 30 minutos, no intuito de impedir a sedimentação de sólidos e decomposição anaeróbia, causando a liberação de odores.

No Poço de sucção consta uma tampa para evitar a emissão de odores e contribuição de água pluvial nos períodos de chuva. Possui formato cilíndrico com volume de aproximadamente 1,80 m de diâmetro, e profundidade de aproximadamente 4,5 m. A estrutura e tampa do poço são em polímero reforçado com PRFV, material de alta resistência e com baixa capacidade de reação quando submetido a ambientes agressivos como o poço de sucção.

3.3.2.2.3 UASB

Os reatores UASB são tanques conforme ilustrado na Figura 21, com estruturas internas definidas de modo a garantir a remoção e separação da matéria presente no esgoto por meio de atividades anaeróbios exercidas pelas bactérias presentes.

Figura 21: Reator UASB



Fonte: Autor (2019).

O esgoto é bombeado até o reator, entra em uma estrutura cônica presente no interna onde haverá a decantação dos sólidos inertes (materiais inorgânicos, areias, siltes), evitando que os mesmos não afetem a digestão anaeróbio. Ao atingir o topo do reator, o esgoto passa por uma caixa divisora de vazão, garantindo a distribuição igualitária no fundo do reator, evitando a formação de zonas sem cargas de matérias orgânica. Em movimento ascendente, a biomassa presente no esgoto é aderida na manta de lodo, formada por pequenos

grânulos oriundo da aglutinação de microrganismos, funcionando como uma espécie de filtro biológico. O esgoto continua o fluxo ascendente até a superfície superior do reator, onde se encontram tubulações horizontais perfuradas que irão conduzi-lo para próxima etapa. Junto ao fluxo do efluente, gases formados pela digestão das bactérias anaeróbias são direcionados ao topo do reator, porém coletado por outra estrutura, o coletor de gás, que controla a pressão interna dos gases e tratar do odor antes da emissão na atmosfera (MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO, 2014).

Além da manta de lodo, outro utensílio presente no reator para manter a biomassa no reator é o separador trifásico, estrutura em forma de cone invertido que realiza a separação da fase sólida, líquida e gasosa. As válvulas no reator permitem a descarga de lodo para o leito de secagem, e materiais sedimentáveis retorna para o poço de sucção, evitando que esses materiais sobrecarreguem o reator e afete a eficiência

O reator possui formato cilíndrico com altura de 5,70m e diâmetro de 4,40m, construído em PRFV, mantendo a confiabilidade na resistência do material para construção das estruturas.

3.3.2.2.4 Filtro Submerso Aerado (FSA)

Por gravidade, o efluente é conduzido para o Filtro Submerso Aerado com Decantador secundário, ilustrado na Figura 22. O reator realizará por meio de processo aeróbio a retirada da matéria orgânica remanescente no sistema, além da remoção de nutrientes presentes.

Figura 22: Filtro Submerso aerado com decantador secundário interno



Fonte: Autor (2019).

O afluente emerge no fundo do reator e prossegue com fluxo ascendente passando por uma camada filtrante, constituída de meio suporte corrugado plástico (ilustrado na figura 23) que serve como espaço de fixação e desenvolvimento dos microrganismos aeróbios e sólidos suspensos no meio líquido.

Figura 23: Meio suporte



Fonte: Autor (2019).

O ar é injetado constantemente por sopradores e tubulação que transporta o ar até os difusores espalhados no fundo do reator, possibilitando a entrada de ar em toda área do fundo, assim, a atividade aeróbia das bactérias é mantida em toda unidade de espaço do reator.

Atravessando a zona filtrante o afluente segue até a parte superior do reator e retorna para a parte inferior do decantador secundário situado dentro do reator. O afluente segue fluxo ascendente novamente submetendo-se ao processo físico de decantação

O decantador secundário e o FSA devem receber descargas periódicas a fim de evitar o acúmulo de lodo e colmatação do material que compõe o filtro. O lodo é direcionado para o poço de sucção que será recirculado para o UASB, estabilizando-o para prosseguimento no processo de desidratação.

O FSA foi construído com o mesmo material, que o UASB, PRFV, possui formato cilíndrico, como altura de 4,5 m e diâmetro de 3,5m.

3.3.2.2.5 Tanque de Contato

Posterior ao FSA com Decantador Secundário, o tanque de contato realiza a desinfecção do efluente antes de ser lançado no corpo hídrico. Essa etapa se constitui com a operação de uma bomba dosadora, que realiza a dosagem do hipoclorito de cloro, agindo como agente oxidante do material celular, inibidor enzimático, capaz de danificar o material genético dos patógenos presentes.

O reator, ilustrado na figura 24, possui válvula de descargas para retirada do cloro que sedimenta, e possíveis partículas de matéria orgânica remanescente ao tratamento. A descarga é direcionada ao poço de sucção, retomando os processos já apresentados.

Figura 24: Tanque de contato



Fonte: Autor (2019).

O reator também possui estrutura cilíndrica e formato cilíndrico, diferenciando nas dimensões de altura e diâmetro, com 2,40m e 2m respectivamente.

3.3.2.3 Leito de secagem

Estrutura dimensionada para recebimento do lodo já estabilizado procedente do tratamento no reator UASB. No leito de secagem ocorrerá a desidratação do lodo através dos raios solares e pelas camadas filtrantes presentes. A parcela de sólido é mantida na camada superior do leito, enquanto a parcela predominante de líquido retorna para o tratamento no poço de sucção

A ETE possui três leitos de secagem com comprimento de 11,6m e largura de 5 m, altura de 1,43m sendo 0,8m constituído de material filtrante na seguinte ordem a partir da base: pedra bruta argamassada, brita 3 e 4, brita 1 e 2, areia grossa e tijolo cerâmico.

Assim como na ETE Damha, o lodo após processo de desidratação seria direcionado para áreas degradadas conforme o projeto, ou utilizado para outros fins em que o lodo atenda as necessidades, mas todo material retirado, acomodado e transportado para aterros sanitários.

3.3.2.3.1 Emissário Final

O efluente após tratado é lançado em uma caixa de passagem que segue por tubulação até uma galeria pluvial próxima a ETE, onde continua o fluxo por leito seco até o rio Paciência, classificado segundo a resolução CONAMA 357/2005 como Águas Doces classe II, “destinadas para consumo humano, proteção de comunidades aquáticas e à recreação para contatos primários”. O Rio está localizado a aproximadamente 115 metros do ponto de lançamento.

3.3.3 Análise da Vazão

Ambas as ETEs não possuem em sua operação o acompanhamento das vazões de entrada, impossibilitando a determinação quantitativa com exatidão do fluxo afluente das águas residuárias.

A vazão será mensurada conforme equações 2, 3 e 4, valor médio de consumo ilustrado na Tabela 3, que estarão alinhados com o projeto dos respectivos residenciais e NBR 9649/1986 referente à projetos hidro sanitários, estabelecendo fórmulas e coeficientes que auxiliam na determinação da vazão com valores aproximados médio, máximo e mínimo.

3.3.4 Parâmetros de avaliação do tratamento

A eficiência do tratamento será avaliada por meio da análise laboratorial de amostras coletadas na entrada e saída da ETE, promovendo o levantamento de dados físicos, químicos e biológicos capazes de descrever a eficácia do tratamento. As coletas são realizadas apenas a entrada e saída da ETE e não por etapa do tratamento, não sendo possível determinar empiricamente a eficiência de cada etapa.

As coletas consistem no preenchimento de três recipientes com volumes diferentes na entrada e três na saída, formando pares de volumes iguais de entrada e saída. Recipientes com volumes diferentes são utilizados apenas para diferenciação das análises, conforme as Figuras 25 e 26 demonstram.

Figura 25: Amostras utilizadas para análise da ETE Damha



Fonte: Autor (2019).

Figura 26: Amostras utilizadas para análise da ETE Recanto Verde



Fonte: Autor (2019).

As amostras contêm as data e horas das coletas, assim que finalizadas, as coletas são acondicionadas e direcionadas imediatamente para o laboratório, prosseguindo com o processo de análise.

Os Parâmetros investigados são indicadores de qualidade no tratamento conforme Von Sperling (2005), Jordão e Pessoa (2014), Metcalf e Eddy (2016), assim como

as Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 que estabelece limites de lançamento, servindo de base comparativa para análise dos dados. Os parâmetros analisados foram:

- a) Temperatura
- b) pH
- c) Nitrogênio amoniacal
- d) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)
- e) Demanda Química de Oigênio (DQO)
- f) Sólidos suspensos totais (SST)
- g) Material Flutuante
- h) Fósforo Total
- i) Óleos e Graxas (O&G)
- j) Materiais Sedimentáveis
- k) Coliformes Totais

O grau de remoção será calculado através da formulação das variáveis de entrada das e saída, analisando quantitativamente a porcentagem retirada da substância em questão, determinando-se de acordo com a Equação 7.

$$\text{Grau de remoção} = \frac{X_s - X_e}{X_e} \times 100 (\%) \quad (7)$$

3.3.5 Descrição da operação

É necessário de que se tenha conhecimento das operações realizadas nas ETEs visando o impacto que elas provocam na eficiência do tratamento, pois a falta ou o excesso de atividade compromete a excelência do sistema no qual foi projetado.

3.3.5.1 Lodo Ativado com Aeração Prolongada

O funcionamento da estação é mantido por um operador que realiza atividades rotineiras na estação por um período de 30 minutos a 1 hora, uma vez ao dia. Caso a estação esteja passando por alguma anormalidade como falta de energia, falhas de equipamentos ou extravasamentos, o operador prolonga as atividades até a resolução do problema.

As inspeções são realizadas por profissionais treinados, utilizando os devidos EPIs, EPCs, e ferramentas adequados para execução de cada etapa componente do sistema. Durante o acompanhamento das atividades do operador, foram analisados os procedimentos que compõe suas atividades que contribuirão para o devido funcionamento da estação.

3.3.5.1.1 Gradeamento

O pleno funcionamento é garantido pelo operador na atividade da retirada do material retido no gradeamento com auxílio de rastelo e mangueira com água, que será disposto em sacos de rafia.

3.3.5.1.2 Canal desarenador

Limpeza do canal desarenador quando um dos canais fora isolado para sedimentação dos sólidos presentes. A atividade é realizada de acordo com a quantidade material acumulado, avaliada de forma visual diariamente. A recorrência para limpeza é aproximadamente mensal.

3.3.5.1.3 Recirculação do lodo

Recirculação do lodo do decantador secundário para o tanque de aeração através da bomba centrífuga e manuseio dos registros que possibilitam o transporte para o digestor ou tanque. A operação é realizada a cada 5 dias por um período de 1 minuto.

Quando o lodo é direcionado para o digestor, os registros das tubulações do leito de secagem são abertos, assim o lodo é transportando pela ação da gravidade até os leitos iniciando o processo de desidratação.

Até o momento, a estação ainda não produziu lodo suficiente para formação do lodo desidratado, logo, não houve coleta do lodo desidratado e alocação para o devido fim.

3.3.5.1.4 Cloração

Verificação diária da quantidade de cloro presente no clorador utilizado no tanque de contato, no caso, o clorador em operação é o flutuante tipo piscina.

3.3.5.1.5 Limpeza da unidade

A limpeza da unidade é realizada diariamente, sala do operador que consiste no espaço físico para armazenamento de materiais e onde o banheiro está situado. Limpeza da sala de bombas. Capina da área verde da estação sempre que houver necessidade.

3.3.5.1.6 Coleta

Trimestralmente, o operador realiza coletas do afluente e efluente da ETE, medindo os padrões de eficiência para validação do tratamento. Coletas a montante e jusante do corpo hídrico não são realizadas, porém, a análise leva os dados de entrada e saída da ETE para analisar os limites para lançamento em Rios de Água Doce classe II estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, padrão também utilizado na irrigação de jardins.

O histórico de coleta apresenta completa análises de dados apenas durante o ano de 2017, nos anos seguintes, apenas algumas análises foram realizadas, demonstradas nos resultados.

3.3.5.2 Reator Anaeróbio + Pós tratamento

Assim como na ETE Damha, a ETE Recanto Verde possui um operador que executa atividades diariamente em um período entre 30 min e 1 hora normalmente, suscetível a períodos mais longos quando alguma etapa da ETE estiver prejudicada. A partir do momento em que uma etapa afeta o processo, o operador permanece no local até a resolução, de forma que o tratamento não seja prejudicado. As inspeções são realizadas por profissionais treinados, utilizando os devidos EPI, EPCs, e ferramentas adequados para execução das etapas que consistem nas seguintes atividades:

3.3.5.2.1 Poço de sucção

Verificação do funcionamento da bomba diariamente através do nível do poço. Se o nível estiver alto, próximo a superfície, o operador içá a bomba com o auxílio do pórtico instalado para essa atividade, e uma talha. As válvulas do barrilete também são aferidas,

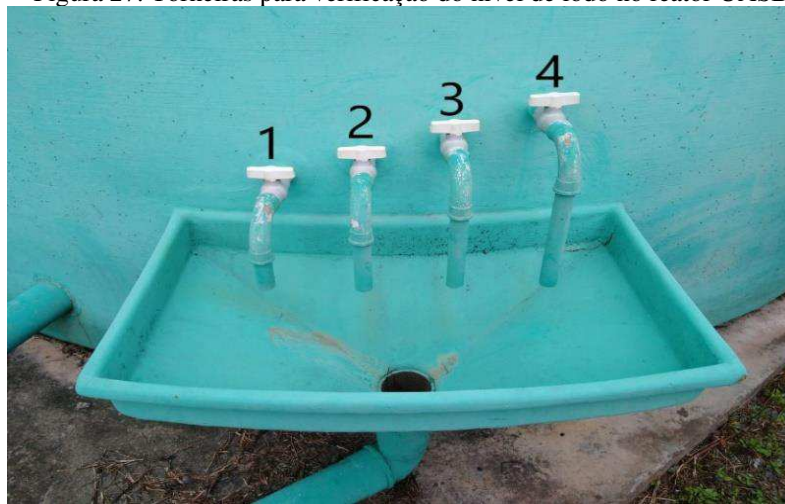
certificando o funcionamento ou possível obstrução. O cesto é retirado diariamente, e com um rastelo e auxílio de uma mangueira com água, a limpeza é realizada.

3.3.5.2.2 Descargas

Válvulas foram projetadas e distribuídas nos reatores no intuito de manter o controle dos subprodutos gerados durante o tratamento e recircular ou retirar do processo.

No Reator UASB, a descarga de materiais sedimentáveis é efetuada diariamente por um período de 30 segundos, pelo manuseio da válvula designada para essa operação no reator. Semelhante a essa válvula, existem outras três atribuídas para espuma, lodo alto e lodo baixo respectivamente. A espuma é retirada diariamente com descargas de 10 a 20 segundos. A descarga de lodo alto e baixo devem ser realizadas apenas quando a manta de lodo estiver acima do nível permitido, atribuída a torneira 4, esse controle é realizado através das 4 torneiras da Figura 27, onde cada uma apresenta a altura da manta de lodo no reator e sua respectiva consistência.

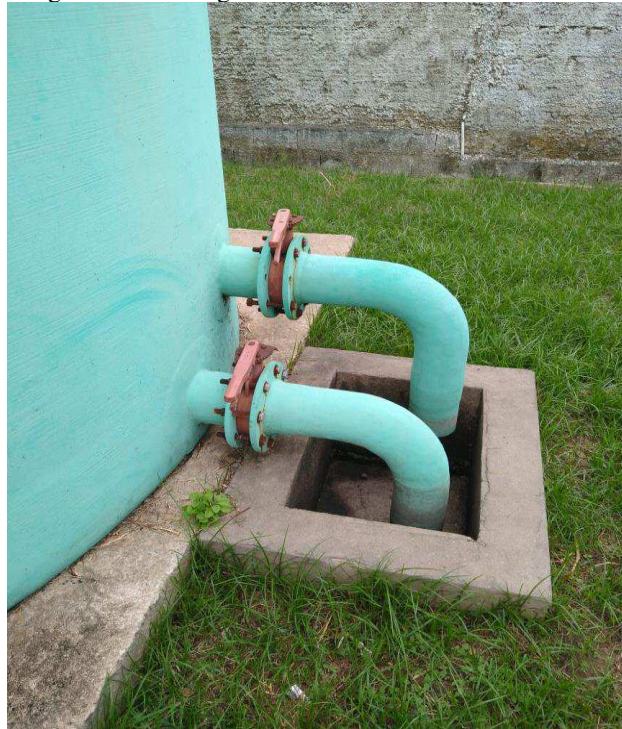
Figura 27: Torneiras para verificação do nível de lodo no reator UASB



Fonte: Autor (2019).

No filtro submerso aerado as descargas correspondem ao lodo formado no fundo do filtro e no decantador secundário (ilustradas na Figura 28), realizadas segundo os operadores a cada 3 dias por um período de 30s. O lodo em descarte são recirculados para o poço de sucção com objetivo de estabilização do mesmo no processo antecedente.

Figura 28: Descargas do FSA e Decantador secundário



Fonte: Autor (2019).

3.3.5.2.3 Materiais nos reatores

É comum a passagem de materiais flutuantes que não foram retirados nos processos anteriores, para evitar que esses materiais obstruam as tubulações e venham a intervir no tratamento, o operador realiza verificações diárias na parte superior dos reatores, a medida que for visualizado materiais, a retirada é realizada mediante a um rastelo ou haste com rede acoplada.

3.3.5.2.4 Limpeza da área

Por mais que a unidade possua brita 1 espalhadas em toda área não construídas, o ambiente propicia o crescimento da vegetação nos espaços entre elas. Assim, mensalmente o serviço de capina é feito, mantendo o ambiente limpo. A casa do operador e máquinas é limpa semanalmente.

3.3.5.2.5 Aferição dos equipamentos

O conjunto de equipamentos bomba submersível, sopradores, bomba dosadora de cloro e quadro elétrico devem funcionar perfeitamente, cada um possui papel primordial nas etapas do tratamento. O operador deve certificar diariamente a operação dos aparelhos, no caso de danos ou baixa eficiência, o mesmo é retirado e direcionado para oficina.

3.3.5.2.6 Coleta

Trimestralmente é realizada coleta do esgoto na entrada e saída da ETE para análise laboratorial quanto a eficiência do tratamento e conformidade com a Resolução CONAMA 430/2011. Não é possível a coleta a montante e jusante do rio paciência (local de destinação do efluente tratado) para determinação dos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005, verificando as conformidades e impactos do lançamento no rio. A coleta a montante e jusante não é realizada devido à falta de estrutura e acesso até o rio, inviabilizando a atividade.

No histórico de coleta de entrada e saída, estão registradas as datas de março, junho e setembro (não há dados de dezembro) de 2017, março, junho, setembro e dezembro de 2018, e março de 2019. As análises são realizadas por um laboratório externo, certificado para executar a atividade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados qualitativos foram calculados de forma a mensurar a vazão nas ETEs, enquanto os quantitativos foram obtidos através da empresa responsável pela operação e manutenção das duas estações, que trimestralmente realiza as coletas para análise, terceirizando o serviço em laboratório externo credenciado e certificado para análises.

A partir do resultado das análises laboratoriais será realizado um comparativo entre os parâmetros pré-estabelecidos das últimas análises efetuadas, de 2017 até março de 2019, de forma trimestral. Porém, por motivos de redução de custo na gestão da empresa, algumas análises deixaram de ser feitas a partir do ano de 2018, demonstradas nas tabelas de resultados.

Além da comparação entre os indicadores das ETEs, será feita uma correlação com a operação em cada uma, discutindo os impactos que as atividades realizadas pelos operadores afetam na eficiência do tratamento.

4.1 Vazão

4.1.1 ETE Damha

Contempla 29 residências de padrão alto, 5 habitantes por residência, consumo *per capita* de 200 L/dia, extensão de rede 4.627,84 m, com taxa de infiltração média de 0,075 l.s/km.

$$Q_{média} = \frac{29 \times 5 \times 200 \times 0,8}{86400} + 4,62784 \times 0,075$$

$$Q_{média} = 0,615 \text{ L/s}$$

$$Q_{máxima} = 1,5 \times 1,2 \times 0,616$$

$$Q_{máxima} = 1,107 \text{ L/s}$$

$$Q_{mínima} = 0,5 \times 0,616$$

$$Q_{mínima} = 0,308 \text{ L/s}$$

4.1.2 ETE Recanto Verde

Constituído de 992 residências de padrão baixo com 4 habitantes por unidade e consumo *per capita* de 120 L/dia, 14 lojas com 5 funcionários cada, consumo per capita de 50 L/dia, sistema com extensão de rede de 1266,30 m, e taxa de infiltração média de 0,075 l.s/km.

$$Q_{média} = \frac{992 \times 4 \times 120 \times 0,8}{86400} + \frac{14 \times 5 \times 50 \times 0,8}{86400} + 1,2663 \times 0,075$$

$$Q_{média} = 4,536 \text{ L/s}$$

$$Q_{máxima} = 1,5 \times 1,2 \times 4,536$$

$$Q_{máxima} = 8,164 \text{ L/s}$$

$$Q_{mínima} = 0,5 \times 4,536$$

$$Q_{mínima} = 2,268 \text{ L/s}$$

4.2 Temperatura

As ETES não apresentaram variações bruscas durante a coleta das amostras de entrada e saída, mantiveram a temperatura adequada para devidos tratamento e parâmetros de lançamento, apresentadas na Tabela 6 e 7.

Tabela 6: Resultados das análises de temperatura

ETE Damha								
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada (°C)	21,3	24,9	25	24	23,4	20,7	20,5	28,3
Saída (°C)	21	25,3	25	24,1	23,2	19,7	20,6	27,5

Fonte: Autor (2019).

Tabela 7: Resultados das análises de temperatura

ETE Recanto Verde								
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada (°C)	24,2	24,1	26,2	24,2	22,8	25	20,8	27,5
Saída (°C)	24,1	24,6	26,3	24,7	22,6	24,5	20,6	27,5

Fonte: Autor (2019).

A ETE Recanto Verde, por possuir tratamento anaeróbio, possui influência direta da temperatura para metabolismo das bactérias anaeróbias. O tratamento preservou-se na faixa mesófila para crescimento microbiológico que consiste entre a temperatura 20 e 45°, e a estado ótimo para crescimento se estabelece entre 30 e 35°C, conforme Chernicharo (1997) *apud* LETTING *et al*, 1996). Logo, a remoção de matéria orgânica pode apresentar resultados mais satisfatórios relacionados ao aumento de temperatura.

Na ETE Damha, a temperatura impacta no tempo de retenção de sólidos (TRS), entre as temperaturas de 18 e 25°C é necessário o TRS de aproximadamente 3 dias, conforme Metcalf e Eddy (2016), se enquadrando nos resultados coletados.

As duas ETEs estão conforme a resolução CONAMA 430/2011 que define como parâmetro de lançamento efluente com temperaturas abaixo de 40°C não interferindo nas propriedades do ecossistema disposto. A falta de análise a montante e jusante no rio de lançamento da ETE Recanto Verde gera dúvidas quanto a conformidade do lançamento, pois a variação na zona de mistura não deve exceder 3°C.

4.3 pH

As ETEs mantiveram a redução do pH durante o processo de tratamento, conforme ilustrado nas Tabelas 8 e 9, esse fenômeno ocorre devido os processos de oxidação biológica ocorrido em ambos tratamentos.

Tabela 8: Resultados das análises de pH

	ETE Damha							
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada	7,12	7	6,98	6,98	6,86	7,55	7,02	6,3
Saída	7,11	6,93	6,82	6,94	6,74	7,66	6,8	7,1

Fonte: Autor (2019).

Tabela 9: Resultados das análises de pH

	ETE Recanto Verde							
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada	6,89	6,65	6,82	6,39	6,3	7,34	6,94	7,8

Saída	6,24	6,74	6,65	6,31	6,25	7,29	6,82	6,6
-------	------	------	------	------	------	------	------	-----

Fonte: Autor (2019).

Ambas apresentaram média de temperatura dentro dos limites para tratamento do esgoto sanitário, entre 6,5 e 7,5, segundo Jordão e Pessoa (2014).

As conformidades com a legislação foram satisfatórias mantendo o lançamento dentro dos limites estabelecidos de 5 a 9 e 6 a 9, respectivamente às Resoluções 357/2005 para padronização de lançamentos em rio classe II e 430/2011 para padrão de disposição do efluente final.

4.4 Nitrogênio Amoniacal

As Tabelas 10 e 11, demonstram a quantidade de entrada e saída de nitrogênio amoniacal nas estações Damha e Recanto Verde respectivamente, enquanto a Tabela 12 ilustrará a porcentagem de remoção de ambas.

Tabela 10: Resultados das análises de Nitrogênio Amoniacal

ETE Damha			
	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	0,88	128	14,47
Saída	0,1	18,84	0,8

Fonte: Autor (2019).

Tabela 11: Resultados das análises de Nitrogênio Amoniacal

ETE Recanto Verde			
	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	0,19	53	4,41
Saída	1,39	57	2,88

Fonte: Autor (2019).

Tabela 12: Porcentagem de remoção de Nitrogênio Amoniacal

Estação	mar/17	jun/17	set/17
ETE Damha (mg/L)	88,64%	85,28%	94,47%
ETE Recanto Verde (mg/L)	-631,58%	-7,55%	34,69%

Fonte: Autor (2019).

A ETE Damha por se tratar de uma estação de lodo ativado com aeração prolongada, possui grau de eficiência na remoção de nitrogênio amoniacal (apresentado no formato de íon NH_4^+ e amônia) com maior satisfatoriedade devido os processos de nitrificação e desnitrificação geradas no tanque aeróbio, que com auxílio da recirculação do lodo, permite que mais organismos possam converter o nitrogênio amoniacal em substâncias mais simples.

O Recanto Verde por apresentar a etapa de remoção de nutrientes apenas no pós-tratamento do reator UASB, tem maior dificuldade para retirada de forma biológica do nitrogênio, isso se deve pela menor quantidade de alimento, consequência do consumo no UASB (VON SPERLING, 2005).

No mês de janeiro, a ETE Recanto Verde teve um acréscimo de 631,58%, apesar de ser uma porcentagem alta, numericamente o valor foi baixo, cerca de 1,2 mg/L. A taxa diminui até atingir o objetivo da implantação do filtro submerso aerado, remoção de nutrientes.

No mês de junho a ETE Damha não conseguiu atingir o parâmetro de 3,7 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 para lançamento em rio classe II, enquanto a ETE Recanto Verde ultrapassou os parâmetros para lançamento em rio e Resolução CONAMA 430/2011 que define lançamento máximo de 20mg/L. Os outros meses obtiveram êxito na conformidade com as resoluções, sendo a ETE Damha com melhor desempenho.

4.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Os resultados consolidados foram distribuídos nas Tabelas 13 e 14 correspondentes as ETES Damha e Recanto Verde. O Gráfico 2 ilustrará o desenvolvimento na remoção de DBO nas estações em análise.

Tabela 13: Resultados das análises de DBO

	ETE Damha							
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada	187,5	750	167,95	63,25	119	161	24,5	28
Saída	99,75	1110	20,75	14,3	1	2,1	7,7	3,6

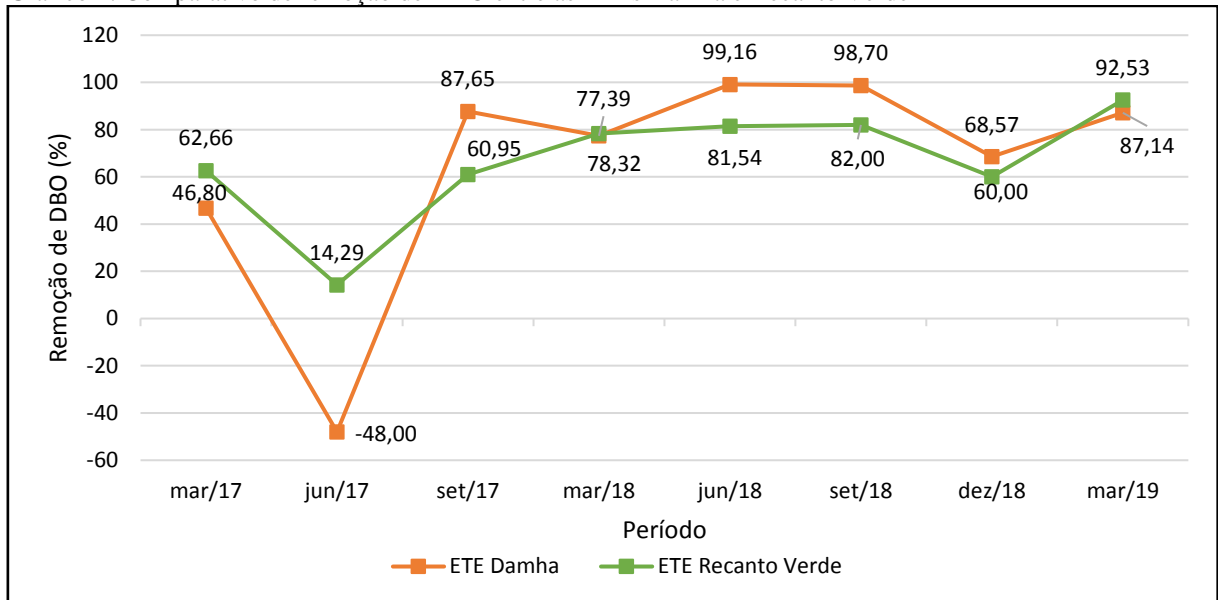
Fonte: Autor (2019).

Tabela 14: Resultados das análises de DBO

		ETE Recanto Verde						
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada	141,94	420	537,8	147,13	178,75	175	90	411
Saída	53	360	210	31,9	33	31,5	36	30,7

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 2: Comparativo de remoção de DBO entre as ETEs Damha e Recanto Verde



Fonte: Autor (2019).

Principal fator para comparativo de eficiência na remoção de matéria orgânica do esgoto, no qual a ETE Damha apresentou melhor eficiência ao longo dos períodos da coleta, possuindo menor porcentagem apenas no mês março e junho de 2017, e março de 2019, o mês de março de 2018 os resultados foram próximos.

Segundo a Resolução CONAMA 430/2011 a porcentagem mínima de DBO para lançamento de efluente é 60%, não sendo atingida pela ETE Damha no mês de março de 2017, e por ambas as ETEs no mês de junho do mesmo ano.

Em junho e setembro de 2018, e março de 2019, a ETE Damha conseguiu atingir o parâmetro máximo de 5 mg/L no lançamento em corpo hídrico classe II, definido pela

Resolução CONAMA 357/2005. Todas as outras coletas, em ambas ETEs, não obtiveram êxito, estando em inconformidade com a Resolução.

4.6 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

As Tabelas 15 e 16 demonstram os resultados analisados que serviram de desenvolvimento do Gráfico 3 que ilustra a porcentagem de remoção entre as duas estações.

Tabela 15: Resultados das análises de DQO

	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	209,33	2788	637,3
Saída	160,52	2226,9	108

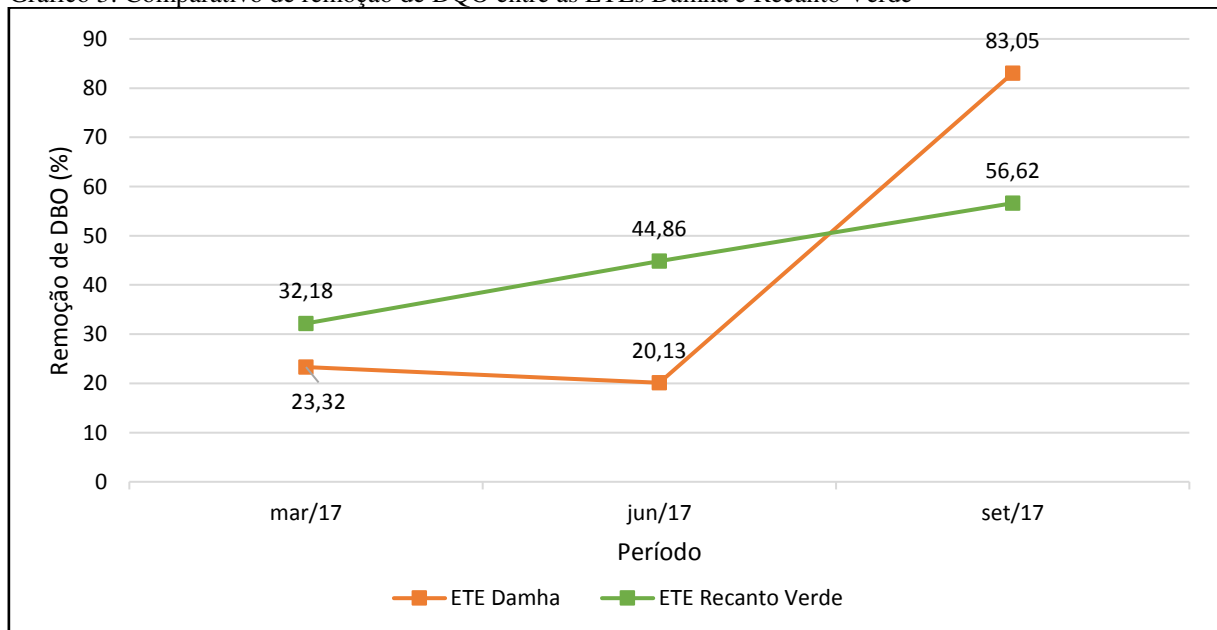
Fonte: Autor (2019).

Tabela 16: Resultados das análises de DQO

	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	849,8	1485,32	2249,5
Saída	576,3	819	975,83

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 3: Comparativo de remoção de DQO entre as ETEs Damha e Recanto Verde



Fonte: Autor (2019).

A remoção de DQO apresenta desenvolvimento semelhante ao gráfico que a Remoção de DBO. As variações das remoções são devido a oxidação química de uma parcela inerte da matéria orgânica, evento que não ocorre na análise de DBO. No curto período das análises, a ETE Recanto Verde demonstrou melhor eficiência, sendo superada apenas no mês de setembro.

As resoluções não definem padrões para remoção de DQO, visto que o parâmetro padrão utilizado é o de demanda bioquímica de oxigênio.

4.7 Sólidos Suspensos Totais (SST)

As análises do mês de março, junho e setembro de 2017 apresentaram os seguintes resultados descritos nas Tabelas 17 e 18, que serviram de desenvolvimento ao Gráfico 4 de porcentagem de remoção.

Tabela 17: Resultados das análises de SST

ETE Damha			
	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	130	43	15
Saída	17	30	1

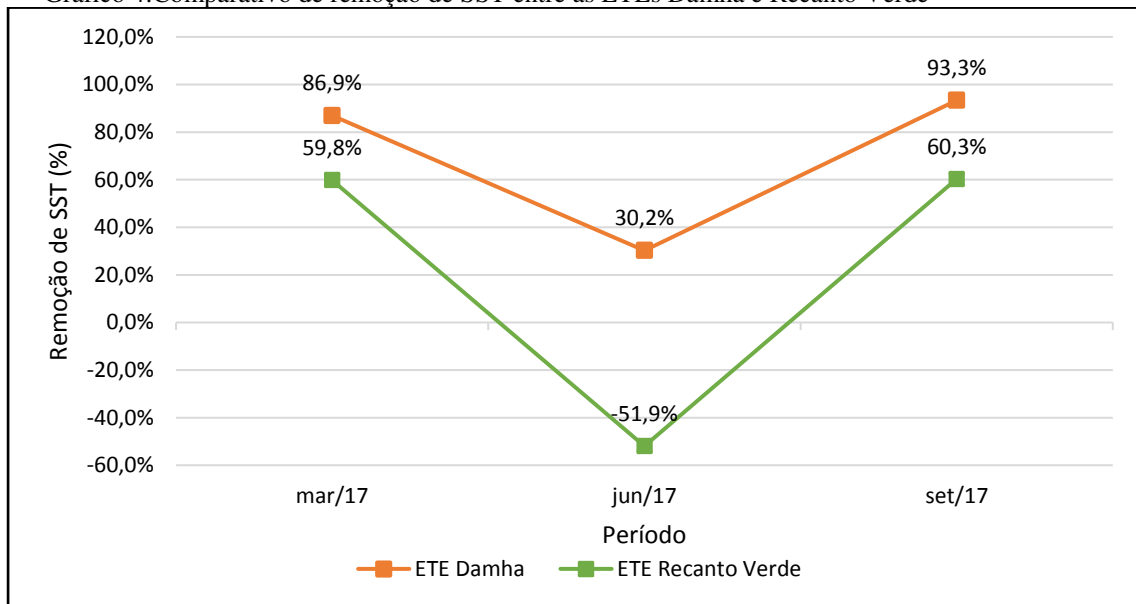
Fonte: Autor (2019).

Tabela 18: Resultados das análises de SST

ETE Recanto Verde			
	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	97	77	131
Saída	39	117	52

Fonte: Autor (2019).

Gráfico 4:Comparativo de remoção de SST entre as ETEs Damha e Recanto Verde



Fonte: Autor (2019).

Apesar das resoluções utilizadas para padronização não estabelecerem uma taxa mínima para lançamento de sólidos suspensos totais, a ETE Damha demonstrou maior eficiência, apresentando grau de remoção compatível com o tratamento, possuindo avaria no mês de junho por consequência de problemas operacionais como retirada de lodo do sistema e limpeza dos reatores. A ETE Recanto Verde está com grau de eficiência abaixo do previsto, segundo Von Sperling (2005), a média de remoção de sólidos suspensos para UASB e filtro submerso aerado ou lodo ativado está entre 87 e 93%.

4.8 Material Flutuante

Os dois tipos de tratamento apresentaram ausência de matérias flutuantes em todas coletas registradas, resultados ressaltados pela etapa de pré-tratamento. A existência desse sistema não implica diretamente na constância da ausência do material flutuante, a eficácia foi obtida graças ao conjunto dessa etapa alinhada à operação de limpeza diária realizadas pelos responsáveis das estações. O gradeamento componente da ETE Recanto Verde e o cesto da ETE Damha obtiveram a mesma eficiência.

A ausência desses materiais mantiveram a vida útil dos equipamentos ao longo dos processos, como aerador e bomba submersível, por exemplo. Além de não interferir de forma negativa no tratamento, a ausência está em conformidade com a Resolução CONAMA

357/2005 e 430/2011 que definem ausência material flutuante diante do lançamento de efluente tratado.

4.9 Fósforo Total

Nenhuma das ETEs conseguiram atingir o parâmetro de no máximo 0,1 mg/L estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, conforme ilustrado nas Tabelas 19 e 20, apesar ambas possuírem tratamento para remoção de fósforo.

Tabela 19: Resultados das análises de Fósforo

ETE Damha			
	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	0,77	3,09	0,9
Saída	2,3	1,31	11,04

Fonte: Autor (2019).

Tabela 20: Resultados das análises de fósforo

ETE Recanto Verde			
	mar/17	jun/17	set/17
Entrada	4,347	0,95	25,3
Saída	3,038	0,88	6,1

Fonte: Autor (2019).

A ETE Recanto Verde apresentou melhor eficiência em todas as análises, enquanto a ETE Damha demonstrou acréscimo no mês de março e setembro. A causa dessa adição é a falta de retirada do lodo, como consequência, aumenta o volume de biomassa (elevado teor de fósforo) no sistema, interferindo as propriedades do efluente final (VON SPERLING, 2005).

4.10 Óleos e Graxas

As duas estações atingiram o parâmetro de lançamento estabelecidos pelas resoluções 430/2011 e 357/2005, lançando efluentes com taxas menores que 100mg/L, conforme ilustrado nas Tabelas 21 e 22.

Tabela 21: Resultados das análises de Óleos e Graxas

ETE Damha								
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada (mg/L)	71,4	40	11	10,8	11	9	9	14,5
Saída (mg/L)	10,2	11	5	4	9	21,2	7	9,5

Fonte: Autor (2019).

Tabela 22: Resultados das análises de Óleos e Graxas

ETE Recanto Verde								
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada (mg/L)	0,77	20	17	24	29,4	16,2	9	114,2
Saída (mg/L)	2,3	49	11	8,7	9	7,5	3,6	14,5

Fonte: Autor (2019).

Quanto ao parâmetro remoção, a ETE Recanto Verde demonstrou melhor desempenho nos últimos 5 meses de análise (representado na Tabela 23), condizente com a eficiência operacional nas descargas que eliminam a parcela de óleos e graxas presentes nos reatores.

Tabela 23: Porcentagem de remoção das ETES Damha e Recanto Verde

	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
ETE Damha	86,7%	73,5%	54,5%	63,0%	18,2%	-135,6%	22,2%	34,5%
ETE Recanto Verde	-199,7%	-145,0%	35,3%	63,8%	69,4%	53,7%	60,0%	87,3%

Fonte: Autor (2019).

No mês de setembro de 2018, a ETE Damha não removeu a parcela de óleo e graxa que entrou na estação, havendo a adição desse componente em 135,6%, porém, ainda no padrão de lançamento. Esse fato foi em conta da falta de limpeza dos tanques, retirando as camadas de óleos, graxas e espuma que são formadas no tratamento, percebe-se que nos meses anteriores a taxa de remoção foi diminuindo até chegar em um patamar que não foi mais possível realizar a remoção. As limpezas das paredes do tanque retornaram os padrões de remoção nos meses seguintes.

Na ETE Recanto Verde os meses de março e junho de 2017 apresentaram resultados anormais quanto a remoção, houve acréscimo em 199,7% e 145% nos respectivos meses. A circunstância é o resultado da falta das descargas de espuma dos reatores e limpeza na parte superior do reator anaeróbio e filtro submerso aerado, que ao longo do tempo, formam uma camada espessa de gordura e óleo presente no esgoto afluente.

4.11 Materiais Sedimentáveis

As Tabelas 24 e 25 demonstrarão os resultados das análises dos materiais sedimentáveis, enquanto a Tabela 26 ilustrará a porcentagem de remoção desse material.

Tabela 24: Resultados das análises de Materiais Sedimentáveis

	ETE Damha							
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada (mL/L)	0,3	0,3	0,5	1	0,1	0,1	0,1	0,4
Saída (mL/L)	0,2	0,2	0,01	0,46	0,06	0,08	0,065	0,1

Fonte: Autor (2019).

Tabela 25: Resultados das análises de Materiais Sedimentáveis

	ETE Recanto Verde							
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
Entrada (mL/L)	2,25	1,3	3	4,5	1,5	0,9	1,5	80
Saída (mL/L)	0,01	1,2	2	0,2	0,01	0,1	1	0,1

Fonte: Autor (2019).

Tabela 26: Porcentagem de Remoção das ETES Damha e Recanto Verde

	mar/17	jun/17	set/17	mar/18	jun/18	set/18	dez/18	mar/19
ETE Damha	33,3%	33,3%	98,0%	46,0%	40,0%	20,0%	35,0%	75,0%
ETE Recanto Verde	99,6%	7,7%	33,3%	95,6%	99,3%	88,9%	33,3%	99,9%

Fonte: Autor (2019).

A ETE Damha possui menor taxa de materiais sedimentáveis na entrada, isso se deve a qualidade estrutura das redes do residencial, acarretando uma passagem quase que insignificativa de materiais sedimentáveis no sistema, onde o principal impactante é a areia.

A ETE obteve êxito quanto a remoção dos materiais sedimentáveis, sendo a limpeza da caixa de areia e recirculação do lodo as atividades responsáveis por alcançar essa eficiência. Por apresentar menor concentração de material sedimentável na entrada, a porcentagem de remoção é reduzida devido à complexidade na extração de cargas menores, quanto menos material sedimentável existir no esgoto afluente, mais difícil a retirada.

A ETE Recanto Verde apresentou maior taxa de materiais na entrada, devido a circunstâncias em que os poços de visitas componentes da rede de esgoto se encontram, possibilitando a entrada de areia presente nas ruas de acesso. A remoção é obtida por meio das descargas advindas dos reatores, que retiram esse material e envia para o poço de sucção. É importante que a limpeza do poço de sucção seja realizada constantemente, evitando a sobrecarga no sistema de material sedimentável. A porcentagem de remoção é maior, devido a carga de chegada ser maior, sujeitando a maior facilidade para retirada.

Ambas as ETEs atingiram os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 430/2011 definindo o lançamento do efluente após o tratamento com no máximo de 1mL de material sedimentável por 1 Litro de volume durante uma sedimentação de 1 hora em cone Imhoff.

4.12 Coliformes Termotolerantes

O laboratório utiliza 2420 organismos (org) por 100 mL como padrão de análise, a fim de se obter valores abaixo como a Resolução CONAMA 357/2005 de 2500 org /100 mL, determinado para lançamento em rios classe II, que se enquadra nos dois lançamentos das ETEs. As Tabelas 27 e 28 ilustram os resultados obtidos nas análises.

Tabela 27: Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes

	ETE Damha			
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18
Entrada	>2420	>2420	>2420	>2420
Saída	>2420	>2420	>2420	248,9

Fonte: Autor (2019).

Tabela 28: Resultados das análises de Coliformes Termotolerantes

ETE Recanto Verde				
	mar/17	jun/17	set/17	mar/18
Entrada	>2420	>2420	>2420	>2420
Saída	>2420	>2420	>2420	>2420

Fonte Autor (2019).

As duas estações de tratamento estão em inconformidade com a resolução, não atingindo o objetivo no qual os tanques de contato foram implantados. Essa etapa do tratamento é voltada exclusivamente para remoção de organismos patogênicos, devendo funcionar alinhada com as outras etapas do tratamento.

A operação não estava realizando a adição do hipoclorito de sódio no tratamento, não havendo a dosagem do produto químico no tanque, esse trabalhava apenas como tanque de passagem, não existindo etapa de desinfecção. No mês de março, o operador adicionou a sua rotina operacional o acompanhamento do nível de hipoclorito de sódio no dosador, caso falte, a reposição será realizada. O resultado foi imediato na ETE Damha atingindo 248,9 org/100mL, atendendo a resolução utilização na jardinagem, a mesma utilizada para lançamento em rio classe II, Resolução CONAMA 357/2005.

5 CONCLUSÃO

As estações de tratamento de esgoto Damha e Recanto Verde foram implantadas e dimensionadas para atender a demandas populacionais dos respectivos condomínios, cada construtora se responsabilizou em implantar um sistema de esgotamento sanitário que atendesse regulamentações técnicas da NBR 9648/1986, 9649/1986, 12208/1992 e 12209/2011 e ambientais vigentes como Resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011.

Alinhado às condições econômicas, sociais e ambientais, os tipos de tratamento escolhidos foram lodo ativado com aeração prolongada e reator anaeróbico com filtro submerso aerado para os residenciais Damha e Recanto Verde respectivamente.

De acordo com os parâmetros estabelecidos para análise de eficiência, a ETE Damha apresentou melhores resultados nos quesitos Demanda Bioquímica de Oxigênio, remoção de Nitrogênio Amoniacal, Sólidos Suspensos Totais e Coliformes Termotolerantes. Enquanto a ETE Recanto Verde desenvolveu melhores resultados na Demanda Química de Oxigênio (no curto período de análise), Óleos e Graxas. Devido as circunstâncias de pouca carga de materiais sedimentáveis na entrada da ETE Damha, essa apresentou menor remoção, contudo a etapa preliminar implantada possui tecnologia que proporciona maior eficácia na remoção desse material. Quanto ao parâmetro de Material Flutuante, ambas obtiveram êxito, manifestando ausência do material. A temperatura e pH refletem o desenvolvimento microbiológico no sistema, apresentando dados satisfatórios nos dois tratamentos.

Cada tratamento mencionado possui grau de remoção médio estabelecido de forma empírica em outras estações que apresentam mesmo sistema. De acordo com Von Sperling (2005) o grau de tratamento por processo de lodo ativado com aeração prolongada implica em valores médios de DBO entre 90 a 97%, DQO 83 a 93%, remoção de entre SST 87 a 93%, Nitrogênio Amoniacal com porcentagem acima de 80 e fósforo com taxas menores que 35%, em contrapartida, o tratamento com UASB seguido de filtro submerso aerado apresenta taxas de DBO entre 83 e 93%, DQO 75 a 88%, remoção de SST entre 87 e 93%, Nitrogênio Amoniacal entre 50 e 85%, remoção de fósforo menor que 35%, sendo que ambos os tratamentos com a etapa de desinfecção devem apresentar valores menores que 10^6 coliformes termotolerantes.

Por mais que as ETEs sejam instaladas e dimensionadas para atingir parâmetros, essas metas serão atingidas apenas se houver o acompanhamento operacional do responsável por aquela unidade, pois o funcionamento de cada etapa reflete nos resultados de eficiência

do tratamento. O operador deve ter o consenso da operação a ser realizada em todas as etapas, apontando causas e consequências das medidas a serem tomadas. Medidas como aferição e acompanhamento da vazão de entrada na ETE, monitoramento e gestão do lodo e subprodutos gerados nas etapas de cada tratamento, adequação e manutenção preventivas e peditivas de equipamentos, limpezas constantes, análises laboratoriais de todos os parâmetros e em períodos mais curtos, devem ser acrescentados a rotina operacional de ambas as ETEs a fim de alcançar melhorias no tratamento.

A qualificação dos operadores e medidas de controle sistemáticas devem ser implantadas em ambas ETEs de modo que o tratamento obtenha os resultados no qual são planejados, assim como a conformidade dos padrões de eficiência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986. 7 p.

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

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12208**: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1992. 5 p.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12209**: Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 60 p.

ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques sépticos- Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos- Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 60 p.

ALBUQUERQUE, C. G. de; TAVARES, R. G.; SILVA, V. P; BIONE, M. A. A. **Relação entre os valores de DQO e DBO da estação de tratamento de esgoto de peixinhos em Olinda** - Pe. IX JORNADA DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 2009, Recife. Anais da IX Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão. Recife: UFPRE, 2009.

BENEDETTI, Stella. **Avaliação do teor de carbono orgânico total na qualidade da água: Aplicação na Radiofarmácia**. 2012. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências na Área de Tecnologia Nuclear, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2012.

BERTONCINI, E.I. **Tratamento de efluente e reuso da água no meio agrícola**. Artigo – Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária, 2008.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de Saneamento**. 3.ed.rev -Brasília: MS/FUNASA, 2004.

CAMPELLO, R.P. **Desempenho de reatores anaeróbios de manto de lodo (UASB) operando sob condições de temperaturas típicas de regiões de clima temperado.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009

CHAVES,V., et. al. **Desempenho das estações de tratamento do esgoto de Aracaju.** Aracaju, 2017.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbicos.** Belo Horizonte: Segrac, 1997. 246 p.

CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n° 430**, de 13 de Maio de 2011: Condições e padrões de lançamento de efluentes. Brasília: MMA, 2011. 9 p.

CONAMA-CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução n° 357** de 17 de Março de 2005: Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília: MMA, 2005 27 p.

DIGIFLOW. **Calha Parshall.** Disponível em: <<http://www.digiflow.com.br/pdf/1-17-2.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2019.

HIDRAELE. **Projeto de sistema de esgotamento sanitário do condomínio Residencial Recanto Verde I, II, III e IV.** Maranhão, 2009.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos.** 7° edição. Rio de Janeiro, 2014.

LEONETI, A. B.; PRADO, E. L. do; OLIVEIRA, S. V. W. B. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI.** Artigo - Revista de Administração Pública (RAP), 2011.

LISOVSKI, L. A. ; TRENTIN, Aline ; KORNOWSKI, C. . **ENTENDENDO A IDÉIA DE SANEAMENTO BÁSICO.** In: Sônia Balvedi Zakrzewski. (Org.). MEIO AMBIENTE: Problemas que precisamos resolver. 1ed.Erechim: EDIFAPES, 2003, v. 2

MCLEOD, F. **Manual de operação e manutenção da estação de tratamento de efluentes sanitários: Residencial Damha Araçagy.** São Paulo, 2014.

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

MONTE, H. M. DO; SANTOS, M. T.; BARREIROS, A. M.; ALBUQUERQUE, A. **Tratamento de águas residuais - operações e processos de tratamento físico e químico.** Entidade reguladora dos serviços de águas e resíduos/ Instituto Superior de Engenharia de Lisboa / Universidade da Beira Interior, 2016.

NOVO HAMBURGO. Comusa. **O processo de tratamento de esgotos - uma breve introdução.** 2017. Disponível em: <<http://www.comusa.rs.gov.br/index.php/saneamento/tratamentoesgoto>>. Acesso em: 10 maio 2019.

OLIVEIRA, Diego Maciel de. **Saneamento básico e desenvolvimento humano: um estudo de caso no município de imperatriz a partir da abordagem das capacitações.** 2014. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ambiente e Desenvolvimento, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2014.

PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo. **Saneamento, saúde e ambiente:** Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Baueri: Manole, 2005.

TRETIN, A.; COAN C. M.; LISOVSKI, L. A. **Meio ambiente: problemas que precisamos resolver.** Ed.Erechim: EdiFapes, 2003, v. 2.

RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública.** Tese de graduação. Universidade Federal de Juiz de Fora, 2010.

VAN HAANDEL, A. **O comportamento de Lodo Ativado.** Campina Grande, 1999.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos,** 3 ed. Departamento de engenharia sanitária e ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.