

UNIVERSIDADE TIRADENTES – UNIT

LUCAS FIGUEIRÊDO CORRÊA FREIRE
PEDRO ARTHUR SOUSA NASCIMENTO
RODRIGO KREUTZ BARROSO

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
POR SISTEMA AUSTRALIANO PARA O MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA
DA GLÓRIA - SE: ESTUDO DE CASO

ARACAJU

2018

LUCAS FIGUEIRÊDO CORRÊA FREIRE
PEDRO ARTHUR SOUSA NASCIMENTO
RODRIGO KREUTZ BARROSO

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
POR SISTEMA AUSTRALIANO PARA O MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA
DA GLÓRIA - SE: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Tiradentes – Unit, como um dos
pré-requisitos para a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: DSc. Paulo Eduardo Silva Martins

ARACAJU
2018

LUCAS FIGUEIRÊDO CORRÊA FREIRE
PEDRO ARTHUR SOUSA NASCIMENTO
RODRIGO KREUTZ BARROSO

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
POR SISTEMA AUSTRALIANO PARA O MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA
DA GLÓRIA - SE: ESTUDO DE CASO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Tiradentes –
Unit, como um dos pré-requisitos para a obtenção do grau de bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovada em ____/____/____.

Banca Examinadora

DSc. Paulo Eduardo Silva Martins
Universidade Tiradentes – Unit

Nome do Professor
Universidade Tiradentes – Unit

Nome do Professor
Universidade Tiradentes – Unit

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,
Thiago e Bianca, que sempre
estiveram e estarão ao meu lado.

(Lucas Figueirêdo)

Dedico este trabalho aos meus pais,
Francisco e Raquel, que sempre
estiveram e estarão ao meu lado.

(Pedro Arthur)

Dedico este trabalho a minha
namorada Lícia Maria aos meus
pais, Nivaldo e Maria, que sempre
estiveram e estarão ao meu lado.

(Rodrigo Kreutz)

AGRADECIMENTOS

A nossa família, em especial aos nossos pais, que estiveram nos fortalecendo com incentivo, apoio e amor em todos os momentos desta caminhada.

Ao nosso professor DSc. Paulo Eduardo Silva Martins, pelos ensinamentos e incentivo e orientações para a realização deste trabalho.

A todos os nossos professores que nos ajudaram ao longo do curso, transmitindo os seus conhecimentos com dedicação e paciência.

A todos os nossos amigos que acreditaram nos nossos sonhos e nos ajudaram a concretizá-los.

*“Nunca se conseguirá ser
sábio se primeiro não se
foi traquinas.”
(Jean Jaques Rousseau)*

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo dimensionar uma estação de tratamento de esgoto, utilizando-se lagoas de estabilização, sendo uma lagoa anaeróbia, uma lagoa facultativa e quatro lagoas de maturação, para o atendimento de forma integral a toda população do supracitado município, com a perspectiva mínima de perfeito funcionamento de vinte anos. O dimensionamento foi elaborado desde o tratamento preliminar (gradeamento, canal afluente, perdas de carga, caixa de areia e medidor de vazão), seguido pela lagoa anaeróbia, lagoa facultativa e lagoas de maturação. Os custos de implantação foram obtidos pelo software ORSE versão 2.0.1.3, com base de dados referente ao mês de julho de 2018. A partir do dimensionamento das lagoas de estabilização, analisando os resultados apresentados, foi possível atestar sua viabilidade de implantação, com um custo total de R\$ 8.356.780,96, representando um valor de R\$ 228,86 por habitante, coerente com os valores apresentados na literatura.

Palavras-chave: Dimensionamento. Estação de Tratamento de Esgoto. Lagoas de estabilização. Esgoto. Sistema Australiano. Lagoa Facultativa. Lagoa Anaeróbia. Lagoa de Maturação.

ABSTRACT

The present study objective was to design a wastewater treatment plant, using stabilization ponds, being one anaerobic lagoon, one facultative lagoon and four maturation ponds, for the integral attendance of all the population of the above mentioned municipality, with a minimum perspective of perfect functioning of twenty years. The design was elaborated since the preliminary treatment (railing, tributary channel, loss of load, sandbox and flow meter), followed by anaerobic lagoon, facultative lagoon and maturation ponds. The implantations costs were obtained by the software ORSE version 2.0.1.3, based on data for the month of July 2018. From the design of the stabilization ponds, analyzing the presented results, was possible to testify the viability of its implementation, with a total cost of R\$ 8.356.780,96, representing a value of R\$ 228,86 per inhabitant, consistent with the values presented in the literature.

Keywords: Sizing. Wastewater treatment plant. Stabilization ponds. Sewer. Australian system. Facultative lagoon. Anaerobic lagoon. Maturation pond.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – SISTEMA COMBINADO.....	18
FIGURA 2 – SISTEMA SEPARADOR.....	18
FIGURA 3 – SISTEMA DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	30
FIGURA 4 – MAPA DO ESTADO DE SERGIPE.....	34
FIGURA 5 – BACIAS HIDROGRÁFICAS DE SERGIPE.....	36
FIGURA 6 – TALUDE DE UMA LAGOA DE ESTABILIZAÇÃO.....	47
FIGURA 7 – SEQUÊNCIA DE DISPOSITIVOS DA ETE.....	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE ESGOTO (C) E DE LODO FRESCO (LF) POR TIPO DE PRÉDIO E DE OCUPANTE.....	21
TABELA 2 – NÍVEIS DO TRATAMENTO DOS ESGOTOS.....	29
TABELA 3 – DETALHAMENTO DE ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE TALUDES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	34
TABELA 4 – POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA.....	38
TABELA 5 – EFICIÊNCIA DA GRADE EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE BARRAS E DA ESPESSURA DAS BARRAS.....	39
TABELA 6 – TABELA CALHA PARSHALL.....	42
TABELA 7 – CUSTOS ATUALIZADOS DE IMPLANTAÇÃO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	47
TABELA 8 – DIMENSÕES DO CANAL.....	49
TABELA 9 – CAIXA DE AREIA.....	49
TABELA 10 – LAGOA ANAERÓBIA.....	50
TABELA 11 – LAGOA FACULTATIVA.....	50
TABELA 12 – LAGOAS DE MATURAÇÃO.....	51
TABELA 13 – ORÇAMENTO PRELIMINAR.....	53

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 – PROGRESSÃO DECRESCENTE POPULACIONAL.....	38
EQUAÇÃO 2 – POPULAÇÃO DE SATURAÇÃO.....	38
EQUAÇÃO 3 – COEFICIENTE DE CRESCIMENTO POPULACIONAL.....	38
EQUAÇÃO 4 – VAZÃO DO EFLUENTE.....	38
EQUAÇÃO 5 – EFICIÊNCIA DA GRADE.....	41
EQUAÇÃO 6 – ÁREA ÚTIL DO CANAL AFLUENTE.....	41
EQUAÇÃO 7 – SEÇÃO TRANSVERSAL DA BARRA.....	41
EQUAÇÃO 8 – LARGURA DO CANAL AFLUENTE.....	42
EQUAÇÃO 9 – PERDA DE CARGA LOCAL.....	42
EQUAÇÃO 10 – LARGURA DA CAIXA DE AREIA.....	43
EQUAÇÃO 11 – COMPRIMENTO DA CAIXA DE AREIA.....	43
EQUAÇÃO 12 – VOLUME DA LAGOA ANAERÓBIA.....	44
EQUAÇÃO 13 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO AFLUENTE DA LAGOA ANAERÓBIA.....	44
EQUAÇÃO 14 – DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO AFLUENTE DA LAGOA FACULTATIVA.....	44
EQUAÇÃO 15 – TAXA DE APLICAÇÃO SUPERFICIAL DA LAGOA FACULTATIVA.....	45
EQUAÇÃO 16 – ÁREA DA LAGOA FACULTATIVA.....	45
EQUAÇÃO 17 – TEMPO DE DETENÇÃO HIDRÁULICA DA LAGOA FACULTATIVA.....	45
EQUAÇÃO 18 – VOLUME DA LAGOA DE MATURAÇÃO.....	46

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DESO	Companhia de Saneamento de Sergipe
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
NTS	Norma Técnica SABESP
OMS	Organização Mundial de Saúde
ORSE	Sistema de Orçamento de Obras de Sergipe
PVC	Policloreto de Vinila
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental

LISTA DE ABREVIATURAS

CP	Caixa de Passagem
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IGP-M	Índice Geral de Preços do Mercado
Kb	Coeficiente Bacteriano
Lf	Lodo Fresco
PV	Poço de Visita
TDH	Tempo de Detenção Hidráulica
TIL	Tubo de Inspeção e Limpeza
TL	Terminal de Limpeza

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 SANEAMENTO BÁSICO	18
2.2 ESGOTO SANITÁRIO.....	19
2.3 VAZÃO DE ESGOTO.....	20
2.4 UNIDADES DO SISTEMA	21
2.4.1 Rede coletora	21
2.4.2 Interceptores e emissários.....	22
2.4.3 Órgãos acessórios e complementares	23
2.4.4 Estação elevatória de esgoto (EEE)	24
2.4.5 Estação de tratamento de esgoto (ETE).....	24
2.4.6 Corpo receptor	25
2.5 TIPOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO.....	25
2.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO	27
2.6.1 Processos físicos.....	27
2.6.2 Processos químicos	27
2.6.3 Processos biológicos.....	27
2.7 NÍVEIS DO TRATAMENTO DE ESGOTOS.....	28
2.8 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	30
2.8.1 Lagoas de estabilização	30
2.8.1.1 Lagoas Facultativas.....	31
2.8.1.2 Sistemas de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas	31
2.8.1.3 Lagoas de maturação	32
2.8.1.4 Considerações para a construção de lagoas de estabilização	33
3 MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	35

3.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS	36
3.3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	36
3.4 GEOLOGIA.....	37
3.5 ASPECTOS HÍDRICOS	37
3.5.1 Águas superficiais.....	37
3.5.2 Águas subterrâneas.....	38
3.6 METODOLOGIA DE CÁLCULO	38
3.6.1 Estimativa da população	38
3.6.2 Vazão de esgotos.....	39
3.6.3 Gradeamento	39
3.6.3.1 Tipo de grade	40
3.6.4 Canal afluente	41
3.6.5 Perda de carga local	42
3.6.6 Medidor de vazão – Calha Parshall	42
3.6.7 Caixa de areia	43
3.6.8 Dimensionamento de lagoa anaeróbia	44
3.6.9 Dimensionamento de lagoa facultativa	45
3.6.10 Dimensionamento da lagoa de maturação.....	46
3.7 ESTIMATIVA DE CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1 VAZÃO DE ESGOTOS.....	49
4.2 GRADEAMENTO.....	49
4.3 DIMENSIONAMENTO DE CANAL	49
4.4 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE AREIA	50
4.5 DETERMINAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO	51
4.6 DIMENSIONAMENTO DA LAGOA ANAERÓBIA	51
4.7 DIMENSIONAMENTO DA LAGOA FACULTATIVA	51
4.8 DIMENSIONAMENTO DA LAGOA DE MATURAÇÃO.....	52

4.9 ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA ETE	53
5 CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXO 1 – ORÇAMENTO PRELIMINAR DETALHADO.....	59

1 INTRODUÇÃO

O correto tratamento de esgoto é de fundamental importância para a saúde pública, pois se descartado sem planejamento adequado causa a degradação no corpo d'água e provoca um aumento na proliferação de doenças parasitárias e infecciosas (PAES E SILVA, 1999).

Tal degradação ocorre pela presença da matéria orgânica do esgoto, que para ser digerida por microrganismos necessita de oxigênio, conseqüentemente, reduzindo a concentração de oxigênio no corpo d'água, desequilibrando o ecossistema aquático presente. O corpo hídrico se condicionado a receber continuamente esgoto, ocasionará eventualmente a exalação de odores desagradáveis característicos do esgoto e o escurecimento do corpo hídrico (QASIM, 1999).

Segundo a FUNASA (2004), em países de terceiro mundo o índice de mortalidade infantil ainda é preocupante, e tal fato é associado à falta de saneamento básico e a disposição adequada dos esgotos. Doenças como febre tifoide, hepatite infecciosa, cólera e disenterias se aliadas à subnutrição costumam ser fatais, sendo as crianças o alvo mais suscetível.

O Brasil, como país de terceiro mundo, não está de fora da estatística de elevada mortalidade infantil, se comparado a países de primeiro mundo, e mesmo após ter sido estabelecido diretrizes nacionais para o saneamento básico pela Lei Ordinária Nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007, a "Lei do Saneamento Básico", ainda há muito a ser feito para que seja ideal o saneamento básico e o tratamento de esgotos no nosso país (SNSA/MCIDADES, 2017). Tal fato pode ser evidenciado estatisticamente de acordo com os dados informados pelo Instituto Trata Brasil (2018) em sua mais recente atualização, 83,3% da população são atendidos com abastecimento de água tratada, entretanto somente 51,92% dos brasileiros possuem acesso à coleta de esgoto sanitário e de todo esgoto coletado apenas 44,92% é devidamente tratado.

Assim sendo, o presente estudo tem como principal objetivo apresentar uma solução para a correta destinação a ser dada aos esgotos sanitários domésticos oriundos da população do município de Nossa Senhora da

Glória/SE, através do dimensionamento e levantamento de custos de uma estação de tratamento de esgoto por sistema australiano.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SANEAMENTO BÁSICO

O saneamento, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), é definido como "controle de todos os fatores do meio físico do Homem que exercem ou podem exercer efeito contrário sobre seu bem estar físico, social ou mental". Já segundo a Lei Ordinária Nº 11.445, de 05 de Janeiro de 2007, a "Lei do Saneamento Básico", saneamento básico são o "conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas".

Conforme Cavinatto (2003), desde o surgimento das primeiras cidades foi possível observar que a água utilizada nas diversas atividades humanas, lixos e os resíduos em geral gerados pela comunidade acarretam na propagação de doenças e desconforto a população local, logo, foi necessária a elaboração de métodos para despejo adequado de tais resíduos humanos. Entretanto, os conhecimentos e técnicas que eram desenvolvidos por uma civilização retrocedem com sua queda, conseqüentemente cada civilização que se erguia posteriormente necessitou desenvolver seus próprios conhecimentos e técnicas.

Estes esforços são realizados pelo saneamento ambiental, controle das infecções transmissíveis, educação individual na higiene pessoal, organização de serviços médicos e desenvolvimento de instituições sociais que facilitem a diagnose, o trabalho preventivo das doenças e assegurem a cada indivíduo um padrão de vida adequado (LEME, 1984).

O saneamento básico é de fundamental importância, abrange a saúde pública, a saúde ambiental, a salubridade ambiental e os aspectos socioeconômicos, segundo a FUNASA (2004) a cada real investido em saneamento básico são economizados quatro reais em saúde. Estudos publicados pelo Instituto Trata comprovam a correlação entre saneamento

básico e a produtividade do trabalhador, já crianças que residem em regiões onde não há saneamento básico tendem a apresentar uma redução no seu rendimento escolar de, em média, 18%, segundo dados fornecidos pelo Ministério das Cidades (2017).

2.2 ESGOTO SANITÁRIO

Segundo a definição prevista na norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), o esgoto sanitário é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. A norma supracitada também define esgoto doméstico como “despejo líquido resultado do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas”, o esgoto industrial se trata do “despejo líquido resultante de processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos”, a águas de infiltração são “toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações” e a contribuição pluvial sendo “a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário”. Tais definições determinam a origem dos esgotos sanitários.

O esgoto possui sua composição, desconsiderando a presença de resíduos industriais, (NUVOLARI *et al.*, 2003):

- 99,87% de água
- 0,04% de sólidos sedimentáveis
- 0,02% de sólidos não sedimentáveis
- 0,07% de substâncias dissolvidas

Devido a maioria absoluta da composição do esgoto se tratar de água, é possível conjecturar que suas propriedades físicas são as da água.

Diversos fatores influenciam na concentração de substâncias no esgoto sanitário, como a existência ou ausência de águas pluviais misturadas ao esgoto, quantidade de água consumida por habitante e seus hábitos alimentares (Qasim, 1999).

Um aspecto crucial na definição de características do esgoto sanitário é a demanda bioquímica de oxigênio, DBO. De acordo com Imhoff e Imhoff (1986), substâncias que se volatilizam por calcinação, por minerais e as que constituem por resíduos fixos são consideradas orgânicas. A demanda

bioquímica de oxigênio deriva da matéria orgânica presente no esgoto sanitário, sendo ela a quantidade de oxigênio elementar consumida pelos microrganismos no processo de decomposição da matéria orgânica.

2.3 VAZÃO DE ESGOTO

A vazão dos esgotos sanitários é considerada por Jordão e Pessoa (2009) como a mais importante característica dos esgotos, por condicionar os números e as dimensões das unidades de tratamento e todos os seus componentes de forma a qual haja harmonia entre o projeto e os aspectos físico-químico e biológico dos processos de tratamento.

Sua contribuição é vinculada a diversos fatores, os quais a importância devemos salientar: “região atendida, atividades desenvolvidas, atividades industriais, hábitos de higiene, nível socioeconômico, nível cultural e inúmeras causas comportamentais” (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) indica na NBR 7.229 emitida em Setembro de 1993, uma tabela, a qual é comumente utilizada na falta de informações mais precisas, locais e específicas, na qual constam as informações a respeito da contribuição diária de esgoto e lodo fresco por tipologia da edificação e de seus ocupantes, conforme pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1 – CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA DE ESGOTO (C) E DE LODO FRESCO (LF) POR TIPO DE PRÉDIO E DE OCUPANTE

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C)	Lodo fresco (Lf)
1. Ocupantes permanentes			
- residência	pessoa	160,00	1,00
padrão alto	pessoa	130,00	1,00
padrão médio	pessoa	100,00	1,00
padrão baixo	pessoa	100,00	1,00
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	80,00	1,00
- alojamento provisório			
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70,00	0,30
- escritório	pessoa	50,00	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50,00	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50,00	0,20
- bares	pessoa	6,00	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25,00	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2,00	0,20
- sanitários públicos ¹	bacia sanitária	480,00	4,00
¹ Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.)			

Fonte: NBR-7229 (ABNT, 1993).

Tendo isto em vista, podemos aferir que o conhecimento a respeito da população, atual e projetada é de fundamental importância para o dimensionamento do sistema a ser implantado e sua eventual funcionalidade.

2.4 UNIDADES DO SISTEMA

2.4.1 Rede coletora

A rede coletora, segundo Nuvolari *et al.* (2003), pode ser definida como conjunto de tubulações composta por ligações prediais, coletores de esgoto, coletores tronco e seus órgãos acessórios. Tendo como principal finalidade ocasionar o afastamento do esgoto sanitário nela despejado em direção aos interceptores e emissários a fim de encaminhá-lo ao local de tratamento e descarga final.

Conforme Qasim (1999), o sistema de rede coletora consiste em:

- Conexões residenciais;
- Esgotos ramificados ou laterais;
- Coletores e sub coletores;
- Galeria de esgotos;
- Interceptores de esgotos.

“O conjunto de tubulações de um bairro ou cidade, construído especialmente para o transporte de esgotos, é chamado de rede coletora” (CAVINATTO, 2003, p. 70-71).

As partes constituintes da rede coletora podem ser definidas segundo a norma brasileira, NBR-9649 (ABNT, 1986), da seguinte forma:

- Ligação predial, é o “trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto”;
- Coletor de esgoto, é a “tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento”;
- Coletor principal, é o “coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia”;
- Coletor tronco, é a “tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores”;
- Coletor predial, é o “trecho de tubulação da instalação predial de esgoto compreendido entre a última inserção das tubulações que recebem efluentes de aparelhos sanitários e o coletor de esgoto”;
- Emissário, é a “tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante”;
- Órgãos acessórios, são os “dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos”.

2.4.2 Interceptores e emissários

A norma brasileira NBR-12207 (ABNT, 1989), define interceptor como sendo uma “canalização cuja função precípua é receber e transportar o esgoto

sanitário coletado, caracterizado pela defasagem das contribuições, da qual resulta o amortecimento das vazões máximas”.

Segundo Nuvolari *et al.* (2003), devemos salientar alguns pontos em relação aos interceptores, sendo eles relativos as suas ligações, a contribuição de esgoto o qual o interceptor recolhe é feita em pontos específicos os quais devem obrigatoriamente apresentar poços de visita, e relativos a sua localização, sua canalização deve estar situada nas partes mais inferiores das bacias e as margens de cursos de água a fim de impossibilitar o lançamento de esgoto sanitário diretamente em tais águas.

Já a norma brasileira NBR 9649 (ABNT, 1986), define o emissário como “a tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante”. Sendo ele, geralmente, o trecho final de um interceptor, para o qual é recomendado pela norma brasileira previamente citada o cálculo da defasagem e do amortecimento das vazões máximas.

O principal órgão acessório do interceptor é o poço de visita, e tal deve ser instalado em pontos singulares, como por exemplo, mudança de direção ou ligação de coletores. Os interceptores comumente apresentam órgãos complementares como as estações elevatórias e os sifões invertidos (NUVOLARI *et al.* 2003).

2.4.3 Órgãos acessórios e complementares

Os órgãos acessórios e complementares, de acordo com Nuvolari *et al.* (2003), são de fundamental importância para o sistema de esgoto sanitário, sendo eles instalações permanentes ou provisórias, como por exemplo estações elevatórias, extravasores, dissipadores de energia, poços de visita, etc.

A NBR-9649 (ABNT, 1986) define os órgãos acessórios da seguinte forma:

- Poço de visita (PV), trata-se de uma “Câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção”;
- Tubo de inspeção e limpeza (TIL), é o “dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza”;

- Terminal de limpeza (TL), é o “dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor”;
- Caixa de passagem (CP), é uma “câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva”;
- Sifão invertido, é o “trecho rebaixado com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos d’água”;
- Passagem forçada, é o “trecho com escoamento sob pressão, sem rebaixamento”;

2.4.4 Estação elevatória de esgoto (EEE)

As estações elevatórias de esgoto são aplicáveis no sistema de rede de esgoto de acordo com Nuvolari *et al.* (2003), nos seguintes cenários:

- Na coleta, para que seja possível ligar o coletor predial em casos onde o nível do coletor está acima do nível de greide do pavimento, ou em terrenos onde haja caimento para o fundo.
- No transporte, para corte de gastos desnecessários com escavações profundas para os coletores ou em zonas de expansão, onde a rede de esgoto nova encontra-se em cotas inferiores a rede existente.
- No tratamento, para elevar o efluente até a cota da estação de tratamento de esgoto, caso seja necessário.
- Na disposição final, para possibilitar o despejo do efluente no corpo receptor em cotas elevadas, possibilitando assim o despejo em condições favoráveis dadas as variações de nível.

2.4.5 Estação de tratamento de esgoto (ETE)

Uma estação de tratamento de esgoto, conforme (FUNASA, 2006), é o conjunto de instalações que possuem a finalidade de executar a depuração dos esgotos previamente ao seu lançamento em um corpo receptor ou seu reuso. Nas unidades de tratamento, ocorrem diversas operações as quais resultam no condicionamento adequado dos resíduos retidos e na dissociação entre os

poluentes em suspensão, os poluentes dissolvidos e a água, a qual será despejada no corpo receptor Nuvolari *et al.* (2003).

2.4.6 Corpo receptor

O corpo receptor é qualquer solo ou água natural no qual é despejado o esgoto em seu estado terminal Nuvolari *et al.* (2003).

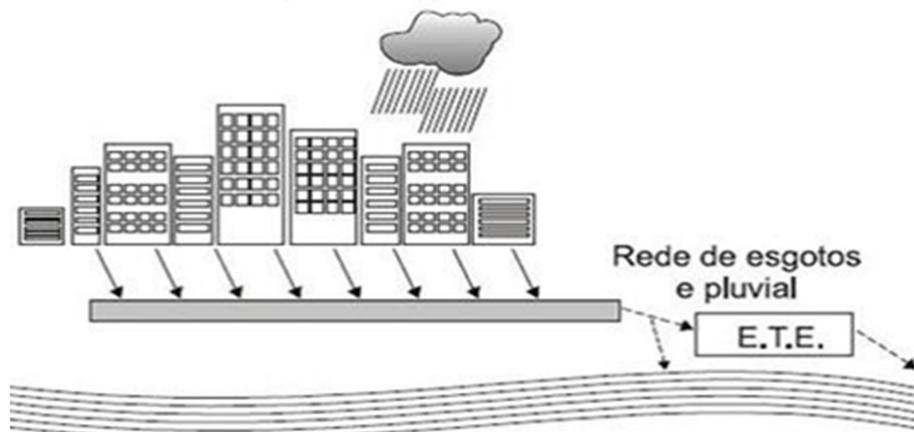
2.5 TIPOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Conforme Von Sperling (2014), há duas variantes dos sistemas de esgotamento sanitário, o sistema individual ou estático e o sistema coletivo ou dinâmico. Geralmente, os sistemas individuais são adotados para solucionar problemas locais, logo, comumente é utilizado para atendimentos unifamiliares ou residências próximas. Esta solução funciona corretamente quando a densidade ocupacional é baixa e o solo apresenta boa infiltração. Os sistemas coletivos são indicados para o meio urbano onde há grande densidade populacional, esta solução consiste em canalizar os esgotos que são lançados e levá-los ao seu destino final, de forma sanitariamente adequada.

Todos os esgotos, exceto residenciais, são construídos nas ruas ou meios de passagens disponíveis, estes seguem elevações naturais do solo e as estações de tratamento de esgoto normalmente são localizadas nas regiões mais baixas da comunidade (QASIM, 1999).

Ainda no sistema coletivo, há duas variantes, o sistema combinado, conforme Figura 1, no qual os esgotos sanitários e as águas pluviais são conduzidos dentro da mesma canalização. (VON SPERLING, 2014).

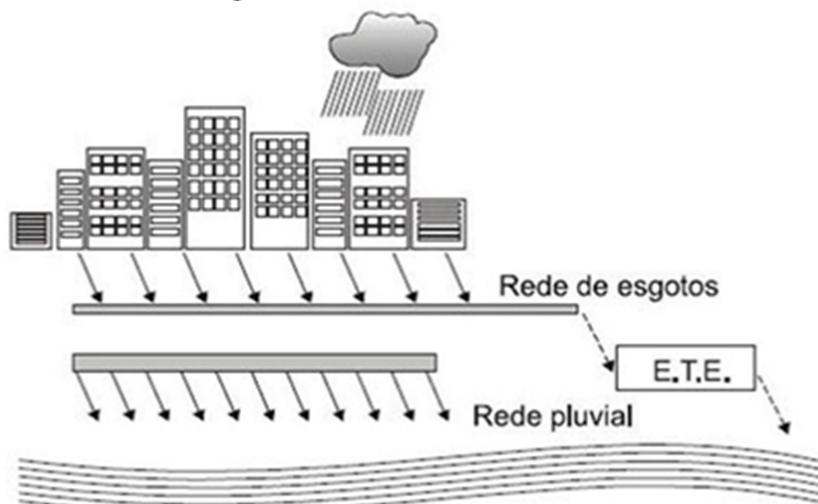
Figura 1 – SISTEMA COMBINADO



FONTE: Von Sperling (2014).

Conforme Figura 2, é possível observar o sistema separador, em que os esgotos e as águas pluviais são conduzidos separadamente (VON SPERLING, 2014).

Figura 2 – SISTEMA SEPARADOR



FONTE: Von Sperling (2014).

Alguns países adotam o sistema combinado, apesar de este possuir desvantagens como diâmetro elevado das tubulações, riscos de refluxo do esgoto para as residências, as estações de tratamento de esgoto não podem ser dimensionadas para tratar toda a vazão do período de chuvas (extravasamento sem tratamento). Em outros locais, como o Brasil, adota-se o sistema separador que tem como vantagens a redução dos custos e prazo de execução, menores dimensões das canalizações, possibilidade de execução

das obras por partes, não ocorrência de extravasão dos esgotos nos períodos de chuva (VON SPERLING, 2014).

2.6 PROCESSOS DE TRATAMENTO

Qualquer sistema de esgotos sanitários encaminha seus efluentes para corpos d'água, sejam superficiais ou subterrâneos. A depender da capacidade receptora desses corpos d'água, são fixados os parâmetros de qualidade para lançamento dos efluentes (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

Conforme Jordão e Pessôa (1995), os processos de tratamento devem trabalhar de forma inversa aos fenômenos que geram os esgotos sanitários. Assim, um processo físico de tratamento deve ser usado para tratar esgotos contaminados por agentes estritamente físicos. Como os poluentes presentes nos esgotos são de natureza física, química e biológica, os processos de tratamento são classificados em: processos físicos, químicos e biológicos.

2.6.1 Processos físicos

Os processos físicos visam, basicamente, remover substâncias em suspensão no esgoto. Esses fenômenos se caracterizam principalmente nos processos de remoção das substâncias fisicamente separáveis ou que não estão dissolvidas. Estão incluídos neste caso; papel, plástico, metais e afins. Mas qualquer processo em que predomine a ação de fenômenos físicos também é considerado um processo de tratamento físico (QASIM, 1999).

2.6.2 Processos químicos

Os processos químicos normalmente são utilizados quando a aplicação de processos físicos ou biológicos não são capazes de reduzir ou remover as características prejudiciais do esgoto. Em razão disso, os produtos químicos são utilizados, geralmente, em conjunto a processos físicos ou biológicos, a fim de potencializá-los. (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

2.6.3 Processos biológicos

São os processos os quais se utilizam da ação de microrganismos presentes nos esgotos para tratá-los, estes fenômenos inerentes à alimentação dos microrganismos transformam os componentes complexos em compostos simples, por exemplo: sais minerais, gás carbônico e outros (JORDÃO E PESSÔA, 1995). No entanto, cabe ressaltar que esse tratamento não remove quantidades significativas de nitrogênio, fósforo, metais pesados, material orgânico não biodegradável, bactérias e vírus (QASIM, 1999).

De acordo com Jordão e Pessôa (1995, p.50):

Os processos biológicos de tratamento procuram reproduzir, em dispositivos racionalmente projetados, os fenômenos biológicos observados na natureza, condicionando-os em área e tempo economicamente justificáveis. JORDÃO E PESSÔA (1995, p.50)

2.7 NÍVEIS DO TRATAMENTO DE ESGOTOS

Para se adequar o lançamento do esgoto a uma qualidade especificada ou padrão de qualidade vigente, a remoção dos poluentes no tratamento é associada aos conceitos de nível de tratamento e eficiência do tratamento (VON SPERLING, 2014).

O tratamento dos esgotos, geralmente, é classificado através dos níveis preliminar, primário, secundário e terciário. Esta classificação depende do objetivo de cada nível de tratamento, sobre isto, cita-se as palavras de Von Sperling (2014, p.261):

O tratamento preliminar objetiva apenas a remoção dos sólidos grosseiros, enquanto o tratamento primário visa à remoção de sólidos sedimentáveis e, em decorrência, parte da matéria orgânica. Em ambos predominam os 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, 2014, p.261).

Para se classificar o nível do tratamento de esgoto de uma estação de tratamento de esgoto deve ser observado o maior nível existente na ETE. O tratamento preliminar é obrigatório a todas as estações de tratamento de esgoto (VON SPERLING, 2014). Cada nível de tratamento objetiva eliminar determinado poluente, como é possível observar a partir da Tabela 2:

TABELA 2 – NÍVEIS DO TRATAMENTO DOS ESGOTOS

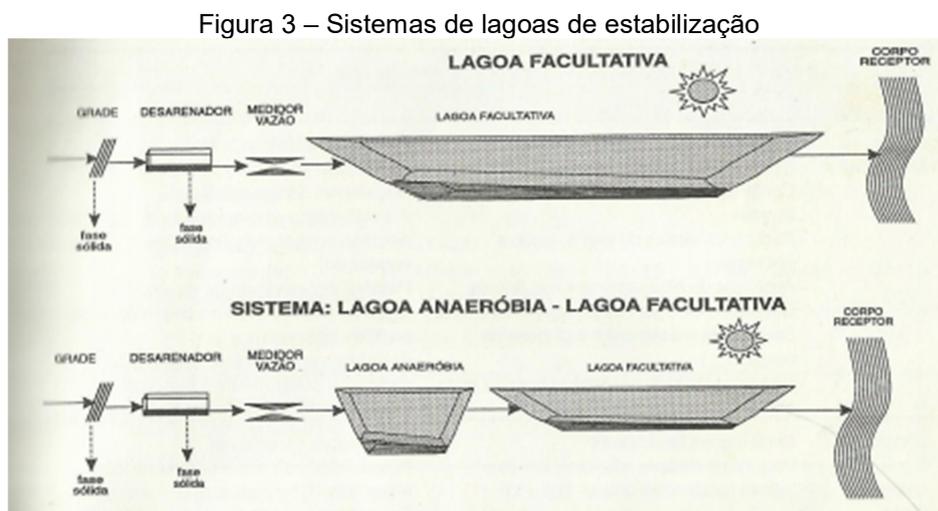
Nível	Remoção
Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões e areia)
Primário	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos em suspensão sedimentáveis • DBO em suspensão (associada à matéria orgânica componente dos sólidos em suspensão sedimentáveis)
Secundário	<ul style="list-style-type: none"> • DBO em suspensão (caso não haja tratamento primário: DBO associado à matéria orgânica em suspensão, presente no esgoto bruto) • DBO em suspensão finamente particulada (caso haja tratamento primário: DBO associado à matéria orgânica em suspensão não sedimentável, não removida no tratamento primário) • DBO solúvel (associada à matéria orgânica na forma de sólidos dissolvidos, presentes, tanto nos esgotos brutos, quanto no efluente do eventual tratamento primário, uma vez que sólidos dissolvidos não são removidos por sedimentação)
Terciário	<ul style="list-style-type: none"> • Nutrientes • Organismos patogênicos • Compostos não biodegradáveis • Metais pesados • Sólidos inorgânicos dissolvidos • Sólidos em suspensão remanescentes

FONTE: Von Sperling (2014).

2.8 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

2.8.1 Lagoas de estabilização

A lagoa de estabilização é um corpo d'água relativamente raso contido em uma bacia de solo argiloso de certo formato designado para tratar esgoto (QASIM, 1999). É possível observar dois sistemas de lagoas de estabilização na Figura 3.



FONTE: Von Sperling (1998).

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples para o tratamento secundário de esgotos, sendo este responsável pela remoção de matéria orgânica. Há diversas variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisitos de área (VON SPERLING, 1996). Esse processo ocorre através da estabilização da matéria orgânica pela oxidação bacteriológica ou fermentação anaeróbica e redução fotossintética das algas (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

Segundo Qasim (1999), as lagoas de estabilização são comumente classificadas como; aeróbicas, anaeróbicas, facultativas e de maturação. A classificação é baseada na natureza da atividade biológica da lagoa.

2.8.1.1 Lagoas Facultativas

As lagoas facultativas são a variante mais simples dos sistemas de estabilização. Basicamente, o processo consiste na retenção do esgoto por um período de tempo longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam. As principais vantagens e desvantagens do sistema estão associadas, portanto, à predominância dos fenômenos da natureza (VON SPERLING, 1996).

Segundo Von Sperling (1996), esses fenômenos ocorrem da seguinte forma: parte da matéria orgânica (DBO particulado) tende a sedimentar, vindo a constituir lodo de fundo. O lodo sofre o processo de decomposição por microrganismos anaeróbios, sendo convertido em gás carbônico, metano e outros compostos. A fração inerte, não biodegradável permanece na camada do fundo. A matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel), conjuntamente com a matéria orgânica em suspensão de pequenas dimensões permanece dispersa, a sua decomposição se dá através de bactérias facultativas, que têm a capacidade de sobreviver tanto na presença quanto na ausência de oxigênio livre.

As bactérias metanogênicas utilizam-se da matéria orgânica como fonte de energia, alcançada através da respiração (VON SPERLING, 2014). Essa respiração é possível graças à produção de oxigênio por parte das algas formadas no fundo da lagoa, criando um perfeito equilíbrio entre demanda e consumo de gás carbônico e oxigênio (JORDÃO E PESSÔA, 2009).

2.8.1.2 Sistemas de lagoas anaeróbias seguidas por lagoas facultativas

De acordo com Von Sperling (1998), o dimensionamento de uma lagoa anaeróbia é realizado tendo em mente três critérios: tempo de detenção hidráulico, taxa de aplicação volumétrica e profundidade. O tempo de detenção deve ser superior a 3 dias, período médio de reprodução de bactérias metanogênicas e inferior a 6 dias, já que a partir deste momento poderiam desenvolver-se algas produtoras de oxigênio, substância fatal para bactérias metanogênicas estritamente anaeróbicas. Sobre a profundidade, Jordão e Pessôa (2009) pontuam que uma lagoa mais profunda possui diversos pontos

positivos sendo estes; menor área superficial e menor ação do meio externo, aspectos estes que auxiliam na proteção das bactérias metanogênicas, responsáveis pela digestão anaeróbica da carga orgânica, de eventuais mudanças climáticas e de temperatura.

No tocante à taxa de aplicação volumétrica, de acordo com Von Sperling (1998), lagoas anaeróbicas se fazem necessárias quando a vazão de esgoto atinge maiores proporções, fazendo com que a demanda de oxigênio seja muitas vezes superior à capacidade de produção de oxigênio por fotossíntese. “A eficiência de remoção de DBO nas lagoas anaeróbicas é da ordem de 50% a 60%. A DBO efluente é ainda elevada, implicando na necessidade de uma unidade posterior de tratamento.” (VON SPERLING, 1998).

Neste caso a lagoa facultativa é também denominada lagoa secundária, já que recebe o afluente de uma unidade de tratamento a montante, não o esgoto bruto. (VON SPERLING, 2014)

Segundo Jordão e Pessoa (2009), esse sistema possui grandes vantagens perante a utilização de uma única lagoa facultativa, sendo essas a redução da área total utilizada e a possibilidade do acúmulo de sólidos na primeira lagoa, reduzindo as possibilidades de passagem destes para a lagoa aeróbica.

2.8.1.3 Lagoas de maturação

Segundo Von Sperling(1998), a implantação de lagoas de maturação é realizado tendo em vista os seguintes pontos de performance; alta incidência de radiação solar; elevado pH ($\text{pH} > 8,5$) e elevada concentração de oxigênio disponível.

Com base nesses pontos, lagoas de maturação são projetadas com baixíssimas profundidades. Tais condições se fazem necessárias, uma vez que são exigidas das lagoas de maturação níveis de eficiência de 99,9% a 99,99%, para que o efluente possa ser despejado no corpo receptor designado (Resolução CONAMA, N°20, 1986).

Segundo Jordão e Pessoa (2009), é admitido o dimensionamento dessas lagoas em função da taxa de decaimento bacteriano (K_b) e tempo de

detenção hidráulico (TDH). De acordo com a NTS 230 (2009), a lagoa de maturação deve ter profundidade útil de 0,8m a 1,2m e o tempo de detenção hidráulico do conjunto, caso sejam adotadas lagoas em série, deve ser superior a 10 dias.

2.8.1.4 Considerações para a construção de lagoas de estabilização

Para projetar as lagoas de estabilização, segundo Silva Filho (2007), deve se levar em consideração alguns pressupostos básicos como a escolha adequada do local de implantação da ETE, levando em consideração os fatores meteorológicos e as características do solo, também é importante atentar-se a metodologia de impermeabilização, a escolha do talude e determinação da borda livre.

Quanto as características do solo, Mara *et al* (1992), deve-se considerar a permeabilidade do solo, evitando solos de extrema permeabilidade, pois desta forma evita-se a possível contaminação do lençol freático.

A metodologia de impermeabilização, segundo Jordão e Pessôa (2005) e Rocha (1995), da lagoa deve ser escolhida a partir da viabilidade econômica, confiabilidade construtiva e praticidade de implantação, podendo ser feita a partir de uma camada de argila compactada com espessura mínima de 40 cm, solo-cimento, revestimento asfáltico, geomembranas ou lençóis de plástico.

Segundo Jordão e Pessôa (2005), quanto aos aspectos meteorológicos, as lagoas de estabilização têm o seu funcionamento ideal em temperaturas entre 20 e 25°C, onde não haja elevadas variações de temperatura no decorrer do dia, pois abaixo de 17° a fermentação do lodo não ocorre de maneira significativa e acima de 30°C devido a elevada fermentação anaeróbia há a possibilidade de arrastar até a superfície placas de lodo presentes na cama de fundo.

Por fim, a escolha do talude é de vital importância no dimensionamento de uma lagoa de estabilização, pois é ele que manterá a estrutura da lagoa de estabilização estável, sem que haja vazamentos, desmoronamentos ou erosões não previstas no projeto, a Tabela 3 define os parâmetros para a escolha adequada do talude de acordo com o tipo de solo.

TABELA 3 – DETALHAMENTO DE ASPECTOS CONSTRUTIVOS DE TALUDES DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Item	Recomendações
Inclinação do talude interno	<ul style="list-style-type: none"> • Inclinação usual; 1:2 a 1:3 • Inclinação mínima; 1:6 (V/H), evitar áreas com pouca profundidade, possibilitando o crescimento de vegetação • Inclinação máxima; 1/2 (em função da estabilidade do terreno) • Terrenos argilosos; inclinação superior a 1:2 • Terrenos arenosos; inclinação entre 1:3 a 1:6
Borda livre ou folga	<ul style="list-style-type: none"> • Pequenas lagoas (< 1ha de área); adotar 0,5m; • Lagoas no intervalo de 1 a 3 há; adotar 0,5 a 1,0m; • Lagoas maiores, usa-se a fórmula; borda livre = $\{[\log(\text{área do nível médio da lagoa})]^{0,5}\} - 1$

Fonte: adaptado de Oakley (2005); Silva Filho (2007); Von Sperling (2002).

Segundo Silva Filho (2007), a borda livre tem a finalidade de promover segurança contra o aumento do nível d'água além das condições determinadas no projeto da lagoa de estabilização.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

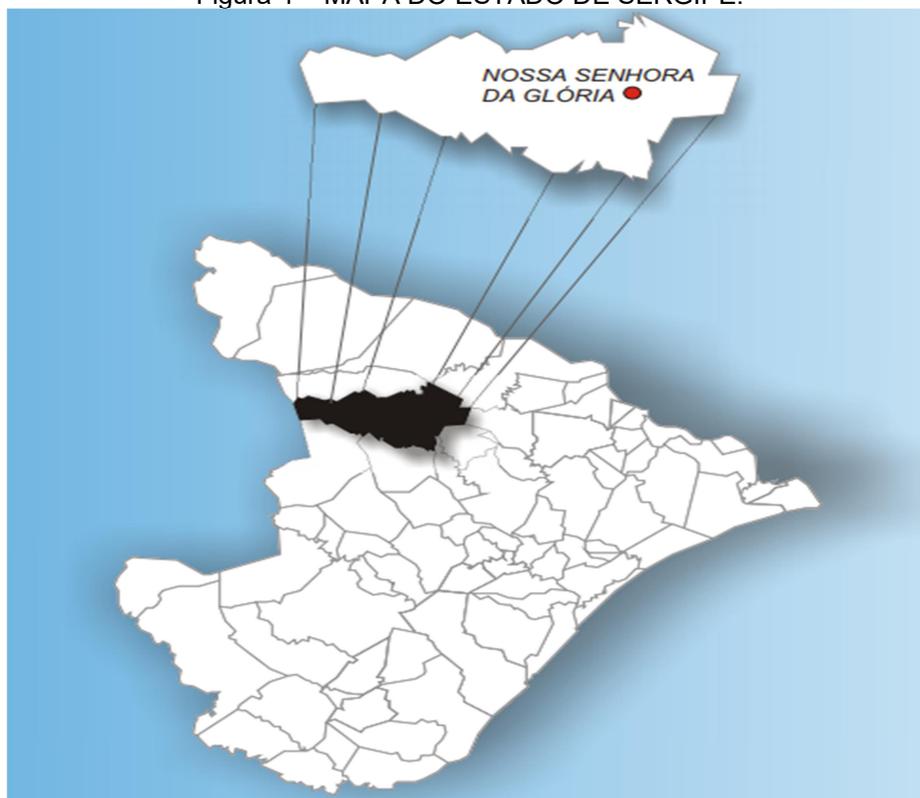
3.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

O município de Nossa Senhora da Glória está localizada na região noroeste do Estado de Sergipe, na região denominada “Microrregião sergipana do sertão do São Francisco”. Segundo (CPRM, 2002), o mesmo limita-se com os municípios de Monte Alegre de Sergipe e Porto da Folha ao norte; Gararu, Gracho Cardoso e Feira Nova a leste; Nossa senhora Aparecida e Carira ao sul e o Estado da Bahia a oeste, conforme pode ser observado na Figura 4.

O município de Nossa Senhora da Glória, a partir de Aracaju, tem acesso feito pelas rodovias pavimentadas BR-235, BR-01 e SE-206, perfazendo um percurso total de 126 quilômetros (CPRM, 2002).

O município ocupa uma área de 757,45km² e dispõe de rede de esgotamento sanitário adequada em somente 34% de sua área urbana (IBGE, 2017).

Figura 4 – MAPA DO ESTADO DE SERGIPE.



FONTE: CPRM, 2002.

3.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS

De acordo com os dados oficiais publicados pelo Governo de do Estado de Sergipe, SEPLANTEC/SUPES (2000), o município foi criado pela Lei Estadual nº 1014 de 26/09/1928. Segundo informações do ultimo censo (IBGE 2010), Nossa Senhor da Glória apresentava a população de 32.497 habitantes com uma estimativa de 36.613 em 2017. A média salarial do município é de 1,9 salários mínimos. Somente 13% da população trabalha com registro na Carteira de Trabalho e cerca de 48% da população vive com menos de 450 reais por mês.

O abastecimento de água do município é realizado pela Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, enquanto o fornecimento de energia elétrica é feito pela ENERGISA.

Segundo CPRM (2002), as receitas municipais têm como principal fonte a agricultura, pecuária e avicultura. Quanto à agricultura, o milho lidera a produção, seguido do feijão e mandioca. Já a pecuária tem como principal frente à criação de rebanhos bovinos, suínos, ovinos e equinos. Enquanto a avicultura sobressai os galináceos.

3.3 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Nossa Senhora da Glória encontra-se no Polígono das Secas e apresenta a característica climática megatérmico semi-árido, de acordo com CLIMATE-DATA (2018), sua temperatura anual média é de 23.4°C, e sua pluviosidade anual média é de 763mm, apresentando como período de maior precipitação os meses de abril a agosto.

Seu relevo possui a característica pediplanada e dissecada, com formas do tipo colina e tabuleiros. Seus solos são Podzólico Vermelho Amarelo Equivalente Eutrófico, Litólicos Eutróficos e Planosol, com uma vegetação de Capoeira, Caatinga, Campos Limpos, Campos Sujos e vestígios de Mata (SERGIPE.SEPLANTEC/SUPES, 1997/2000).

3.5.2 Águas subterrâneas

Segundo o CPRM (2002), no município de Nossa Senhora da Glória há a presença de dois domínios hidrogeológicos; o domínio Cristalino e Metasedimentos/Metavulcanitos, ocupando o território municipal na proporção de 30% e 70% respectivamente.

3.6 METODOLOGIA DE CÁLCULO

3.6.1 Estimativa da população

Através das Equações 1, 2 e 3 (VON SPERLING, 2014) para o cálculo da taxa decrescente de crescimento e dos dados populacionais encontrados pelo IBGE para o município durante o último censo, o qual foi realizado no ano de 2010, Tabela 4, pode-se estimar qual será a população no tempo de alcance estipulado para a estação de tratamento.

$$P_t = P_0 + (P_s - P_0) \times [1 - e^{-K_d \times (t - t_0)}] \quad (1)$$

$$P_s = \frac{2 \times P_0 \times P_1 \times P_2 - P_1^2 \times (P_0 + P_2)}{P_0 \times P_2 - P_1^2} \quad (2)$$

$$K_d = \frac{-\ln\left[\frac{P_s - P_2}{P_s - P_0}\right]}{t_2 - t_0} \quad (3)$$

Onde:

P_t = população final (hab.)

P_0, P_1, P_2 = populações referentes aos anos t_0, t_1 e t_2 .

P_s = ponto de saturação da população (hab.)

K_d = coeficiente de crescimento populacional

t_0, t_1, t_2 = anos de referência

t = ano de projeção

TABELA 4 – POPULAÇÃO DO MUNICÍPIO DE NOSSA SENHORA DA GLÓRIA

Ano	População (hab.)
1991	23.478
2000	26.916
2010	32.497

FONTE: IBGE

3.6.2 Vazão de esgotos

Para estimar a vazão média de esgotos, foi adotado um coeficiente de retorno de 80% sobre o consumo de água per capita, associado a uma projeção populacional referente ao fim do horizonte de projeto, 20 anos (VON SPERLING, 2014).

$$Q = C \times P \times 0,8 \quad (4)$$

Onde:

C = Consumo individual de habitantes/dia (L)

P = Número de habitantes

3.6.3 Gradeamento

Segundo Jordão e Pessoa (2005), os sólidos grosseiros são todos e quaisquer resíduos sólidos contidos no esgoto sanitário, os quais devem possuir a característica de simples remoção e retenção, através dos dispositivos físicos de grades de barra e peneiras. Os sólidos grosseiros são oriundos da utilização da rede de coleta de esgoto, em qualquer que seja sua etapa, seja por uso indevido derivado da ignorância e imprudência dos usuários, bem como da má fé e imperícia de ligações irregulares e clandestinas no sistema.

A importância da retirada dos sólidos grosseiros tem-se por obter a finalidade de; salvaguardar os dispositivos de transporte de esgoto, os dispositivos de tratamento de esgoto e os corpos d'água receptores, bem como a remoção parcial da carga poluidora, sendo assim, é possível concluir que sua

finalidade é preparar o esgoto para sua etapa seguinte, tratamento ou lançamento em um corpo d'água receptor (JORDÃO E PESSÔA, 2005).

O gradeamento é usado primariamente como dispositivo de proteção, logo, é a primeira unidade de tratamento de uma estação (QASIM, 1999).

3.6.3.1 Tipo de grade

Segundo Jordão e Pessôa (2005), para dimensionarmos o gradeamento, deve-se calcular o processo na seguinte ordem; seleção do tipo de grade, dimensionamento do canal de grade e avaliação da perda de carga local.

Para selecionar o tipo de grade de acordo com a Tabela 5, é necessário analisar sua localização, vazão afluyente e eficiência (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

TABELA 5 – EFICIÊNCIA DA GRADE EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE BARRAS E DA ESPESSURA DAS BARRAS

Espessura das barras (t)		Valores da eficiência (E)		
		a = 3/4"	a = 1"	a = 1 1/4"
Em polegadas	Em centímetros	a = 1,94cm	a = 2,54cm	a = 3,18cm
1/4	0,64	0,750	0,800	0,834
5/16	0,79	0,730	0,768	0,803
3/8	0,95	0,677	0,728	0,770
7/16	1,11	0,632	0,696	0,741
1/2	1,27	0,600	0,677	0,715

FONTE: Jordão e Pessôa (1995).

Ao analisar a localização, deve-se atentar se a mesma terá uma dimensão suficiente para a plena instalação, funcionamento e posteriores manutenções, no que tange a profundidade e largura, espaço suficiente para circulação de veículos e equipamentos para o transporte dos sólidos grosseiros retidos nas grades, e, por fim, como há a possibilidade de geração de gases que possuem odores desagradáveis, sendo ou não tóxicos, a escolha da sua localização deve levar em conta a proximidade a regiões urbanas.

Quanto à vazão afluyente, faz-se necessário observar a profundidade do canal afluyente, o volume de sólidos grosseiros contidos no esgoto bem como no gradeamento, visto que cada tipo de grade possui uma característica quanto a suas dimensões de largura e profundidade.

A eficiência do gradeamento pode ser mensurada através da Equação 5.

$$E = \frac{a}{a+t} \quad (5)$$

Onde:

E = eficiência da grade;
 a = espaçamento entre as barras;
 t = espessura das barras.

3.6.4 Canal afluyente

Conforme Jordão e Pessôa (1995), a velocidade de passagem recomendada mínima e máxima para projeto deve ser de, respectivamente, 0,60 m/s e 1,0 m/s. Pode-se calcular a área útil do canal afluyente através da Equação 6, a seção transversal por meio da Equação 7 e a largura da caixa de areia através da Equação 8.

$$Au = \frac{Q}{v} \quad (6)$$

Onde:

Au = área útil (m²);
 Q = vazão do efluente (m³/s);
 v = velocidade (m/s).

$$S = Au \times \frac{a+t}{a} \quad (7)$$

Onde:

S = seção transversal da barra;
 Au = área útil (m²);
 a = espaçamento entre as barras;
 t = espessura das barras.

$$b = \frac{S}{h} \quad (8)$$

Onde:

b = largura do caixa (m);

S = seção transversal da caixa (m²);

h = altura da lâmina d'água obtida no cálculo do medidor de vazão (m).

3.6.5 Perda de carga local

A perda de carga pode ser calculada, através da Equação 9, considerando-se que o comportamento hidráulico é idêntico ao escoamento através de orifício (BERZIN, G, 1989).

$$hf = 1,43 \times \frac{v^2 - v_0^2}{2g} \quad (9)$$

Onde:

v = velocidade de fluxo através das barras (m/s)

v₀ = velocidade do fluxo imediatamente a montante da grade (m/s)

g = aceleração da gravidade, igual a 9,8m/s².

3.6.6 Medidor de vazão – Calha Parshall

A calha Parshall é uma peça que possui a função de medidor de vazão caudal de efluentes. A medição se dá através de graduações presentes no interior da calha que determinam a altura da lâmina d'água que atravessa a peça (AGETEC, 2018). Tendo em mente a vazão máxima do afluente, é possível escolher qual o modelo ideal de calha Parshall Tabela 6.

TABELA 6 – TABELA CALHA PARSHALL

Modelo	Garganta		Vazão mínima	Vazão máxima	Espessura
	(cm)	(pol)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	
AgE CAP 1	2,5	1	0,5	15,29	3
AgE CAP 2	5,1	2	1	30,58	3
AgE CAP 3	7,6	3	2,88	193,68	3
AgE CAP 6	15,2	6	5,04	397,44	3
AgE CAP 9	22,9	9	9	907,3	4
AgE CAP 12	30,5	12 (1')	11,16	1.641,24	5
AgE CAP 18	45,7	18 (1/5")	15,12	2.507,76	5
AgE CAP 24	61	24 (2')	42,84	3.374,28	7
AgE CAP 36	91,5	36 (3')	62,28	5.137,92	7
AgE CAP 48	121,9	48 (4')	132,48	6.921,72	7

FONTE: Agetec, 2014.

3.6.7 Caixa de areia

Consoante à velocidade de projeto, determinada pela NBR 12.208/1992, determina-se a largura da caixa de areia (Equação 10) e utilizando-se a Equação 11, a partir da altura da lâmina d'água, é possível determinar o comprimento do desarenador (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

$$b = \frac{Q}{v \times h} \quad (10)$$

Onde:

b = Largura da caixa de areia

Q = Vazão (m³/s)

V = Velocidade de fluxo (m/s)

H = Altura da lâmina d'água obtida no cálculo do medidor de vazão (m)

$$L = 22,5 \times h \quad (11)$$

Onde:

L = Comprimento da caixa de areia (m)

h = Altura da lâmina d'água obtida no cálculo do medidor de vazão (m)

3.6.8 Dimensionamento de lagoa anaeróbia

Conhecida a vazão média diária do município, o volume da lagoa anaeróbia deve ser determinado pela aplicação da Equação 12. O tempo de detenção hidráulico recomendado é de 3 a 5 dias, tempo igual ao necessário para a geração das bactérias formadoras de metano (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

$$V = Q \times TDH \quad (12)$$

Onde:

Q = Vazão de esgoto da cidade (m³/dia)

TDH = Tempo de detenção hidráulico (dia)

Segundo Jordão e Pessôa (1995), recomenda-se projetar uma lagoa anaeróbia com profundidade de 3 a 4m. É possível estimar o volume de demanda biológica de oxigênio afluente por meio da Equação 13. Considera-se que a quantidade média de DBO₅ é de 50 g/hab.dia (VON SPERLING, 2014).

$$DBO_{afl} = DBO_5 \times P \quad (13)$$

Onde:

P = Número de habitantes da cidade

DBO₅ = Quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias a 20°C
(g/hab.dia)

Segundo Jordão e Pessôa (1995), a eficiência de uma lagoa anaeróbia estima-se entre 50 a 60% se corretamente projetada.

$$DBO_{afl} = DBO_{afl_{LA}} \times E_{LA} \quad (14)$$

Onde:

DBO_{afl_{LA}} = DBO afluente na lagoa anaeróbia (KgDBO/dia)

E_{LA} = Eficiência da lagoa anaeróbia

3.6.9 Dimensionamento de lagoa facultativa

Segundo Silva (1982), na região Nordeste, a taxa de aplicação de carga superficial, operando com temperatura do meio líquido de 25 graus célsius, admitem cargas tão elevadas quanto 400Kg/ha.dia. Utilizando a Equação 15 proposta por Mara (1997) é possível calcular a taxa de aplicação de carga superficial. A partir do valor encontrado através da Equação 15, estima-se a área da lagoa facultativa por meio da Equação 16.

$$L_s = 350 \times (1,107 - 0,002 \times T)^{(T-25)} \quad (15)$$

Onde:

T = Temperatura média do ar no mês mais frio.

$$A = \frac{L}{L_s} \quad (16)$$

Onde:

L= Carga orgânica efluente(KgDBO/dia)

L_s=Taxa de aplicação superficial (KgDBO/ha.dia)

A = Área da lagoa facultativa (m²)

Segundo Jordão e Pessôa(1995), é recomendada uma profundidade de 1,2 a 2m; [...] No tocante à geometria é recomendado superfícies com comprimento longo, favorecendo a dispersão e o escoamento hidráulico.

Segundo Qasim (1999), uma lagoa facultativa deve ter o seu tempo de detenção hidráulico (TDH) projetado num intervalo de 10 a 30 dias.

$$TDH = \frac{A \times h}{Q} \quad (17)$$

Onde:

A = Área (m²)

H = Altura (m)

Q = Vazão (m³/dia)

3.6.10 Dimensionamento da lagoa de maturação

Segundo Von Sperling (1998), o número de lagoas, e por consequência o TDH, está associado ao coeficiente bacteriano (K_b) que deve ser determinado em função da profundidade das lagoas. Para lagoas de maturação com regime de mistura completa e profundidade entre 0,8 e 1,4m esse coeficiente deve estar entre 0,5 e 2,5. Com o intuito de calcular o volume das lagoas de maturação, utiliza-se a Equação 18.

$$V = \frac{Q \times TDH}{n} \quad (18)$$

Onde:

V = Volume das lagoas de maturação

Q = Vazão (m³/dia)

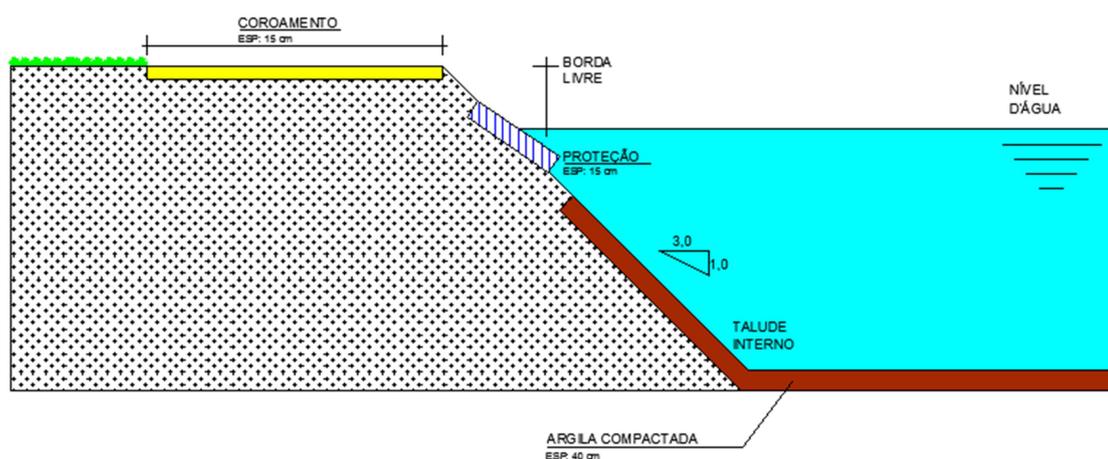
TDH = Tempo de detenção hidráulico (dia)

N = Número de lagoas em série

3.7 ESTIMATIVA DE CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO

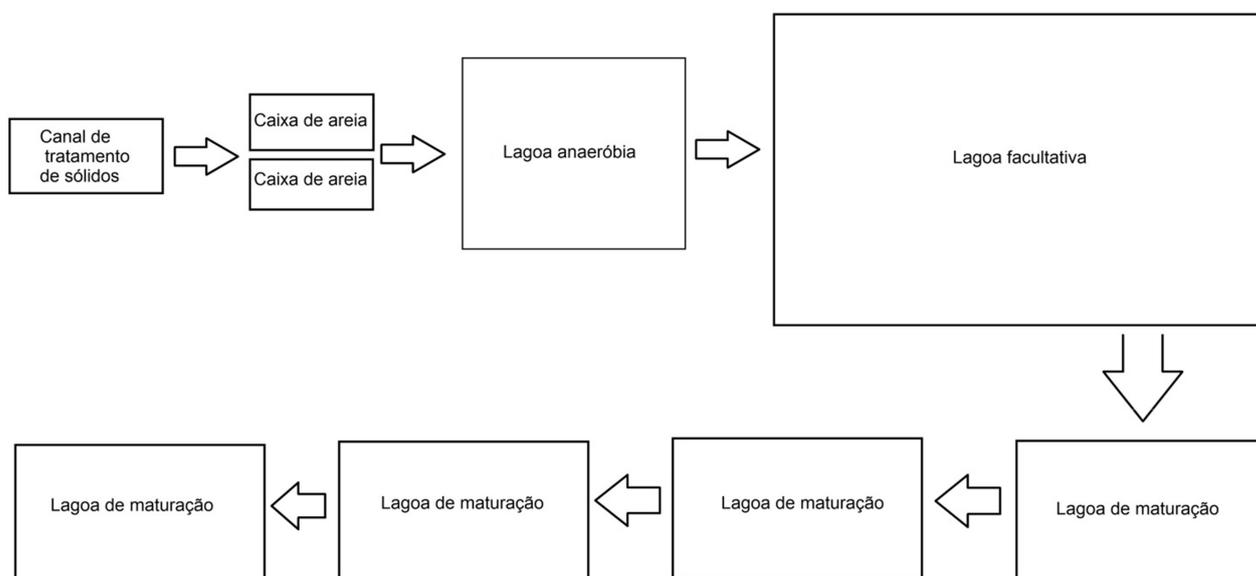
Para a implantação da estação de tratamento de esgoto no município de Nossa Senhora da Glória do estado de Sergipe foi levado em consideração a sua geometria, disposição e disponibilidade de materiais. Quanto a disponibilidade de materiais foi adotado que a argila seria transportada da jazida localizada em Muribeca e em relação ao bota-fora da escavação não foi levado em consideração o custo para o seu transporte. Foi definido a inclinação do talude de como sendo de 1:3, conforme pode ser observado na Figura 6, sendo sua disposição conforme a Figura 7.

Figura 6 – Talude de uma lagoa de estabilização



Fonte: Autoria própria, 2018

Figura 7 – Sequência dos dispositivos da ETE



Fonte: Autoria própria, 2018

Devido ao fato dos valores apresentados na literatura serem de fevereiro de 2002 e não estarem compatíveis com os valores atuais, foi utilizada a ferramenta do Calculadora do Cidadão, fornecida pelo Banco Central do Brasil, a partir do índice IGP-M (FGV), corrigindo a inflação para os moldes atuais utilizando como base a data de referência de julho de 2018, Tabela 7.

TABELA 7 – CUSTOS ATUALIZADOS DE IMPLANTAÇÃO DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Unidade	População	Vazão	Custo de Implantação	Custo de implantação/hab
	(hab)	(l/s)	(R\$)	(R\$/hab)
Presidente Alves - SP	4.800,00	7,90	767.847,99	159,97
Adolfo - SP	5.700,00	9,50	675.670,27	118,54
Sete Barras - SP	12.296,00	29,00	3.163.157,23	257,25
Pariquera - Açu - SP	15.499,00	35,30	4.278.511,02	276,05
Paratininga - SP	21.000,00	34,70	4.976.555,92	236,98
Brazlândia - DF	29.600,00	86,00	8.488.333,41	286,77

FONTE: Adaptado JORDÃO E PESSÔA, 2011.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, serão discutidos os processos citados na metodologia para o dimensionamento de um sistema de estação de tratamento de esgoto, discriminando os trechos pertinentes ao tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

4.1 VAZÃO DE ESGOTOS

Para o cálculo da vazão de esgoto através da Equação 4, foi necessário identificar a população estimada para o ano de horizonte do projeto e o consumo médio de água diário dos habitantes do município.

Para a projeção da população no ano de 2038 utilizou-se o método da taxa decrescente de crescimento, uma vez que os dados encontrados sugerem que a população do município ultrapassou o ponto até o qual o método logístico teria sua precisão garantida. Com base nos censos do IBGE dos anos 1991, 2000 e 2010 (TABELA 4), utilizamos as Equações 1, 2 e 3 para encontrar a população de 60.292 habitantes projetados para o ano de 2038.

Através de consultas em séries históricas (SNIS, 2013), foi estimado um consumo médio de 116,1 L/hab.dia. Tendo em vista o coeficiente de retorno de 0,8 para o cálculo de vazão de esgoto, obtém-se o valor de 5.600m³/dia.

4.2 GRADEAMENTO

Para o gradeamento foi utilizada a TABELA 5 fornecida por Jordão e Pessoa (1995) para determinar os valores que oferecem a maior eficiência possível para remoção de sólidos.

4.3 DIMENSIONAMENTO DE CANAL

Considerando a vazão do esgoto e, de acordo com Jordão e Pessoa (1995), a velocidade mínima de projeto, 0,6 m/s, utilizou-se a Equação 6 para encontrar a área útil do canal.

A partir da área útil do canal foi utilizada a Equação 7 para determinar a seção transversal do canal. A partir dos valores encontrados definiu-se a altura da lâmina d'água de acordo com o modelo retangular do medidor de vazão, calha Parshall, que será utilizado. Os valores encontrados podem ser vistos na Tabela 8.

TABELA 8 – DIMENSÕES DO CANAL

Área útil(m²)	Seção transversal(m)	Altura de lâmina d'água(m)
0,11	0,13	0,35

FONTE: Autoria própria, 2018

Através da Equação 8 foi definida a largura do canal.

Com base nas velocidades, anterior e posterior ao gradeamento, é possível calcular com base na Equação 9 a perda de carga no trecho. Esta perda de carga será comparada ao valor base proposto de 0,15m pela NBR 12.208. Ao constatar que esse valor base é inferior ao encontrado, dá-se continuidade aos cálculos utilizando a perda de carga encontrada de 0,77m.

4.4 DIMENSIONAMENTO DA CAIXA DE AREIA

A partir da altura da lâmina d'água obtida através da medição da calha Parshall é possível definir as dimensões da caixa de areia. Através da Equação 10 determina-se a largura da caixa de areia, aproximadamente 1,00m, a qual será dividida em dois módulos de 0,50m cada. Em seguida calcula-se o comprimento da mesma através da Equação 11. Os valores obtidos podem ser vistos na Tabela 09.

TABELA 09 – CAIXA DE AREIA

Largura (m)	Comprimento (m)
1,00	7,9

FONTE: Autoria própria, 2018.

4.5 DETERMINAÇÃO DO MEDIDOR DE VAZÃO

A determinação do modelo de calha Parshall foi feita de acordo com a vazão de esgoto e mediante consulta à TABELA 6.

4.6 DIMENSIONAMENTO DA LAGOA ANAERÓBIA

Com base na vazão de esgoto encontrada para o município foi possível determinar o volume necessário para a lagoa anaeróbia através da Equação 12. No desenvolvimento dos cálculos com uma vazão de $5.600\text{m}^3/\text{dia}$ em associação com o TDH de 3 dias o volume necessário foi de 16.800m^3 . Adotada a profundidade de 4m, considerando-se o talude na razão de 1:3 e a borda livre de 1m, o volume total da lagoa foi de 21.020m^3 , descontando a borda livre, obtemos o volume útil de operação de 16.816m^3 . Suas dimensões finais foram de 70m de largura e 70m de comprimento, ocupando, assim, uma área de 4.900m^2 . Os parâmetros utilizados para o dimensionamento podem ser vistos na Tabela 10.

TABELA 10 - LAGOA ANAERÓBIA

Volume útil de operação (m³)	TDH (dias)	Profundidade (m)	Área (m²)	Talude (H/L)	Borda livre (m)	DBO afluente (KgDBO/dia)
16.816	3	4	4.900	1:3	1	3014.6

FONTE: Autoria própria, 2018

4.7 DIMENSIONAMENTO DA LAGOA FACULTATIVA

Estimando uma eficiência de 60% da lagoa anaeróbia (JORDÃO E PESSÔA, 1995) foi iniciado o dimensionamento da lagoa facultativa a partir da taxa de aplicação superficial de carga orgânica. A partir do valor de $1205,84\text{KgDBO}/\text{dia}$ de carga orgânica, foi encontrado a partir da Equação 15 uma taxa de aplicação superficial de $266,33\text{KgDBO}/\text{ha.dia}$. Ao desenvolver a Equação 15 com os dados obtidos, foi encontrada uma área superficial necessária mínima de 4,53 hectares. A fim de facilitar o acesso de luz solar ao fundo da lagoa, foi adotada a profundidade de 2m, atribuindo o talude na razão de 1:3 e

a borda livre de 1,2m. Visando uma maior eficiência geométrica da lagoa e obedecendo a uma razão de $L/B=4$, com ajustes para facilitar a execução, suas dimensões finais foram de 110m de largura e 440m de comprimento. Os parâmetros utilizados para o dimensionamento podem ser vistos na Tabela 11.

TABELA 11 - LAGOA FACULTATIVA

Volume útil de operação (m³)	TDH (dias)	Profundidade (m)	Área (ha)	Talude (H/L)	Borda livre (m)	DBO afluente (KgDBO/dia)
95.552	17,07	2	4,84	1:3	1,2	1205.84

Fonte: Autoria própria, 2018

4.8 DIMENSIONAMENTO DA LAGOA DE MATURAÇÃO

Optou-se por um sistema de 4 lagoas de maturação em série, com geometria retangular na razão de $L/B=1$, tempo de detenção hidráulico total de 18 dias, sendo 4,5 dias por lagoa, coeficiente bacteriano (K_b) igual a 1 e profundidade de 1m, talude na razão de 1:3 e borda livre de 1m. A escolha do sistema foi realizada tendo em mente um equilíbrio entre o volume do sistema para que houvesse o regime hidráulico de mistura completa, de forma que utilizando-se a Equação 18, foi determinado um volume necessário de 25.200m^3 para cada lagoa. Para admissão de geometria e facilitação da execução, as dimensões finais foram 161m de largura e 161m de comprimento. Os parâmetros utilizados para o dimensionamento podem ser vistos na Tabela 12.

TABELA 12 - LAGOAS DE MATURAÇÃO

Volume útil de operação por lagoa (m³)	TDH por lagoa (dias)	Profundidade (m)	Área por lagoa (m²)	Talude (H/L)	Borda livre (m)
25.447	4,5	1	25.921,00	1:3	1,0

Fonte: Autoria própria, 2018

4.9 ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA ETE

O orçamento preliminar completo encontra-se no ANEXO 1 do presente trabalho.

A planilha orçamentária foi calculada pelo software ORSE (Orçamento de Obras de Sergipe) versão 2.0.1.3, com base de dados referente ao mês de julho de 2018. O orçamento preliminar encontra-se descrito na Tabela 13.

Salientando que foi feito o levantamento quantitativo dos serviços mais representativos para a execução da obra, desconsiderando os custos provenientes do restante do sistema de tratamento de esgoto que não fossem a ETE. Devido a natureza do presente estudo, foi desprezado o custo referente à desapropriação ou compra do terreno no qual será implantada a ETE e o sistema de captação.

TABELA 13 – ORÇAMENTO PRELIMINAR

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	VALOR TOTAL	(%)
01	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO	R\$ 8.356.780,96	100
01.001	SERVIÇOS PRELIMINARES	R\$ 55.045,02	0,66
01.002	TRATAMENTO PRELIMINAR	R\$ 2.932,34	0,04
01.003	LAGOA ANAEROBIA	R\$ 459.444,91	5,50
01.004	LAGOA FACULTATIVA	R\$ 3.449.249,23	41,27
01.005	LAGOAS DE MATURAÇÃO	R\$ 4.390.079,76	52,53
	TOTAL DO ORÇAMENTO	R\$ 8.356.780,96	100

Fonte: Autoria própria, 2018

O presente orçamento trata-se de um orçamento preliminar, não isentando assim caso haja a futura implantação da ETE a necessidade de confecção de um orçamento completo, baseado em projetos complementares de qualquer natureza que se faça necessário para a perfeita execução da obra.

Para a estimativa de custos para a implantação da estação de tratamento de esgoto foi considerado que todas as lagoas apresentariam uma camada de argila de 20 cm e seria aplicada uma manta geotêxtil para conceber a sua total impermeabilização.

Observando os dados fornecidos na Tabela 4 e analisando os resultados apresentados na Tabela 13, pode-se afirmar que o custo de implantação é de R\$ 8.356.780,96, equivalente a R\$ 228,86 per capita. Tal

valor é inferior aos valores encontrados na Tabela 7 para cidades com a população acima de dez mil habitantes.

O valor encontrado é coerente com os apresentados na Tabela 7, tendo em vista que se trata de um orçamento preliminar, sujeito a acréscimos e modificações que se julgarem necessárias para a correta implantação da estação de tratamento de esgoto.

Levando-se em consideração os dados fornecidos pelo Ministério da Saúde, que cada real investido no setor do saneamento gera uma economia de quatro reais na área da saúde (FUNASA, 2004), é possível afirmar que a implantação da ETE acarretaria uma economia de aproximadamente R\$ 33.500.000,00 que seriam investidos em saúde, aos cofres públicos do município de Nossa Senhora da Glória.

Conforme a Tabela 13, observa-se que o custo de implantação da estação de tratamento de esgoto é concentrado, em sua maioria, na execução das lagoas de maturação, que representam 52,53% do seu custo total, já os serviços preliminares e o tratamento preliminar combinados equivalem somente a 0,7% do valor total. Os outros 46,77% restantes estão distribuídos na implantação da lagoa anaeróbia e lagoa facultativa, sendo 5,5% e 41,27% respectivamente.

5 CONCLUSÃO

O orçamento comprova que a maior parte dos gastos com a implantação da estação de tratamento de esgoto é proveniente da movimentação de terra. Do custo total de R\$ 8.356.780,96, as lagoas de maturação representam 52,53%, equivalente a R\$ 4.390.109,46 e a lagoa facultativa representa 41,27% equivalente a R\$ 3.449.249,23, totalizando assim 93,8% do custo total de implantação. O sistema adotado para o tratamento de esgoto da cidade Nossa Senhora da Glória, pelo fato do município encontrar-se em uma região de elevadas temperaturas médias anuais, promove uma manutenção e operação de baixo custo e satisfatória eficiência na remoção da demanda bioquímica de oxigênio e patógenos.

REFERÊNCIAS

ABNT. *NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. 1993.

ABNT. *NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário*. 1986.

ABNT. *NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário*. 1986.

ABNT. *NBR 12207: Projeto de interceptores de esgoto sanitário*. 1992.

ABNT. *NBR 12208: Projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário*. 1992.

ABNT. *NBR 12209: Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário*. 1992.

AGETEC, 2014 – *Medidor De Vazão: Calha Parshall - AgE Cap* - <<http://agetec.com.br/uploads/Anexos/Parshall/CalhaParshall.pdf>>. Acessado em 20/09/2018.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. *Calculadora do Cidadão*. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/corrigerPorIndice.do?method=corrigerPorIndice>>. Acessado em 12/10/2018.

BERZIN, G – *Fixação de parâmetros físico-químicos para dimensionamento de estações de pré-condicionamento de esgotos antes de emissários submarinos*, 15^a. ed. [S.]: CBES, ABES, 1989.

BRASIL. *Lei Ordinária n. 11.445*, de 05 de janeiro de 2007. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acessado em 24/09/2018.

BRASIL, SERGIPE. *Lei Estadual n. 1.014*, de 26 de setembro de 1928.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento*. 3^a. ed. Brasília: Funasa, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. *Manual de Saneamento*. 4^a. ed. Brasília: Funasa, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. *Resolução CONAMA nº 20*, de 18 de junho de 1986. – In: Resoluções, 1986. Disponível em: <<http://mma.gov.br/>> Acesso em: 24. nov. 2018.

CAVINNATTO, V. M. *Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar*. 3. ed. – São Paulo: Moderna, 2003.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima: Nossa Senhora da Glória**. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sergipe/nossa-senhora-da-gloria-42976/>> Acesso em: 08/09/218.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. Diagnóstico do Município de Nossa Senhora da Glória**. Aracaju, 2002.

GARCEZ, L. N. **Elementos de engenharia hidráulica e sanitária**. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico de 1991, 2000 e 2010**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/educacao/9663-censo-demografico-2000.html?=&t=downloads>>. Acessado em 04/09/2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama de Nossa Senhora da Glória**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/nossa-senhora-da-gloria/panorama>>. Acessado em 10/09/2018.

IMHOFF, K; IMHOFF, K. **Manual de Tratamento de Residuárias**. 26ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1986.

INSTITUTO TRATA BRASIL; REINFRA CONSULTORIA. **Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil**, 2015.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 5ª. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

JORDÃO, E. P; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6ª. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

LEME, F. P. **Engenharia do saneamento ambiental**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 1984.

LUCAS, A. A. T (Org.) ; AGUIAR NETTO, A. O. (Org.) . **Águas do São Francisco**. 1. ed. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2011.

MARA, D. **Design manual for waste stabilization ponds in India**. 1º. ed: Leeds: Lagoon Technology International, 1997.

MARA, D. et al. **Waste stabilization ponds a design manual for Eastern Africa**. 1º. ed: Leeds: Lagoon Technology International, 1992.

NUVOLARI, A. et al. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 1ª. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

OAKLEY, S. M. **Lagunas de estabilización em Honduras: manual de diseño, construcción, operación y mantenimiento, monitoreo y sostenibilidad**. Califórnia: Universidad Estatal de California, 2005.

PAES, N. A.; SILVA, L.A.A. **Doenças Infecciosas e Parasitárias no Brasil: uma década de transição**. *Panam Salud Publica*, p.99-109,1999.

QASIM, S. **Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation**. 3ª. ed. : Boca Raton: CRC Press, 1999.

ReCESA. **Esgotamento sanitário: Projetos e construção de sistemas de esgotamento sanitário: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org).** – Salvador: ReCESA, 2008.

ROCHA, P. C. **Lagoas de tratamento: novas metodologias**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18., 1995, NATAL. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 1995. 1 CD.

SABESP. **NTS 230: Projeto de lagoas de estabilização e seu tratamento complementar para esgoto sanitário**. 2009

SERGIPE.SEPLANTEC/SUPES. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia, Superintendência de Estudos e Pesquisas. **Informes Municipais: Aracaju**. [S.l]: 2000.

SILVA, S. A. **Tratamento de esgotos domésticos em lagoas de estabilização no Nordeste do Brasil**. Tese de doutorado, Universidade de Dundee, Escócia, 1982.

SILVA FILHO, P. A. **Diagnóstico operacional de lagoas de estabilização**. Natal, RN, 2007.

SNSA/MCIDADES. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Brasília, 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização**. 2ª. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: UFMG/DESA, 2002.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico em águas residuárias**. 3ª. ed. Belo Horizonte: SEGRAC, 1998.

ANEXO 1 – ORÇAMENTO PRELIMINAR DETALHADO



CEHOP - Cia Est de Hab e Obras Públicas
Av. Adélia Franco, 335 D.I.A. Aracaju-SE CNPJ :
13.006.572/0001-20

PLANILHA DE CUSTOS DO EMPREENDIMENTO
Cod. Empreendimento: 00001

ETE

ITEM	SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	Moeda : R\$	%
01		Estação de Tratamento de Esgoto				8.356.780,96	100,00	
01.01		ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO				8.356.780,96	100,00	
01.01.001		SERVIÇOS PRELIMINARES				55.045,02	0,66	
01.01.001.001	2491/ORSE	Desmatamento, destocamento e limpeza mecanizada de terre no c/árvores de diâm. até 0,15m	m2	60.000,00	0,44	26.400,00	0,32	
01.01.001.002	6096/ORSE	Ligação Predial de Água em Mureta de Concreto, Provisóri a ou Definitiva, com Fornecimento de Material, inclusive Mureta e Hidrômetro, Rede DN 50mm	UN	1,00	411,13	411,13	0,00	
01.01.001.003	41598/SINAPI	Entrada provisoria de energia elétrica aerea trifasica 4 0a em poste madeira	un	1,00	1.246,31	1.246,31	0,01	
01.01.001.004	0051/ORSE	Placa de obra em chapa aço galvanizado, instalada	m2	12,00	269,25	3.231,00	0,04	
01.01.001.005	10184/ORSE	Barracão para banheiro e vestiário de obra, s=35,10m², c apacidade 20 operários com materiais novos	un	1,00	12.123,96	12.123,96	0,15	
01.01.001.006	0061/ORSE	Barracão aberto para refatório de obra (capacidade 24 r efeições simultâneas)-s=61,60m2 com materiais novos	un	1,00	11.632,62	11.632,62	0,14	
01.01.002		TRATAMENTO PRELIMINAR				2.932,34	0,04	
01.01.002.001	6057/ORSE	Fornecimento de Calha Parshall AgE CAP 6	un	1,00	1.495,11	1.495,11	0,02	
01.01.002.002	9248/ORSE	Instalação de Medidor de Vazão do tipo calha Parshall ga rganta W3, em fibra de vidro	un	1,00	75,42	75,42	0,00	
01.01.002.003	10976/ORSE	Grade de ferro com quadro em barra chata 1 1/4" x 1/8", barra quadrada de 1" na vertical	m2	0,13	421,44	54,79	0,00	
01.01.002.004	0126/ORSE	Concreto simples fabricado na obra, fck=15 mpa, lançado e adensado	m3	3,31	394,87	1.307,02	0,02	
01.01.003		LAGOA ANAEROBIA				459.444,91	5,50	
01.01.003.001	72918/SINAPI	Escavacao mecanica de vala em material 2a. categoria de 4,01 ate 6,00 m de profundidade com utilizacao de escava deira hidraulica	m3	21.860,80	12,57	274.790,26	3,29	
01.01.003.002	95427/SINAPI	Transporte com caminhão basculante de 18 m3, em via urba na pavimentada, dmt acima de 30 km(unidade: m3xkm). af_0 9/2016	m3xkm	3.339,84	0,55	1.836,91	0,02	
01.01.003.003	2523/ORSE	Aterro com argila, compactado mecanicamente, inclusive a quisição em depósito de material, exclusive transporte	m3	840,80	93,33	78.471,86	0,94	
01.01.003.004	9154/ORSE	Impermeabilização - Fornecimento e aplicação de manta ge otéxtil RT-21, resistencia a tração=21 kN/m (antigo Bidi m OP-40 ou similar) em colchões drenantes	m2	6.905,75	15,11	104.345,88	1,25	
01.01.004		LAGOA FACULTATIVA				3.449.249,23	41,27	
01.01.004.001	72917/SINAPI	Escavacao mecanica de vala em material 2a. categoria de 2,01 ate 4,00 m de profundidade com utilizacao de escava deira hidraulica	m3	162.438,40	10,77	1.749.461,57	20,93	
01.01.004.002	95427/SINAPI	Transporte com caminhão basculante de 18 m3, em via urba na pavimentada, dmt acima de 30 km(unidade: m3xkm). af_0 9/2016	m3xkm	37.955,38	0,55	20.875,46	0,25	
01.01.004.003	2523/ORSE	Aterro com argila, compactado mecanicamente, inclusive a quisição em depósito de material, exclusive transporte	m3	9.555,20	93,33	891.786,82	10,67	
01.01.004.003.	9154/ORSE		m2	52.093,01	15,11	787.125,38	9,42	
ORSE - Orçamento de Obras de Sergipe								
Página 1								
Rpt:PlanilhaCustosEmpreendimentoForm								



CEHOP - Cia Est de Hab e Obras Públicas
Av. Adélia Franco, 335 D.I.A. Aracaju-SE CNPJ :
13.006.572/0001-20

PLANILHA DE CUSTOS DO EMPREENDIMENTO
Cod. Empreendimento: 00001

ETE

ITEM	SERVIÇO	DESCRIÇÃO	UN	QTD	CUSTO UNIT	CUSTO TOTAL	Moeda : R\$	%
01.01.005		LAGOAS DE MATURAÇÃO				4.390.109,46		52,53
01.01.005.001	72915/SINAPI	Impermeabilização - Fornecedor e aplicação de manta geotêxtil RT-21, resistência a tração=21 kN/m (antigo Bidi m OP-40 ou similar) em colchões drenantes	m3	189.396,90	9,43	1.786.012,77		21,37
01.01.005.002	95427/SINAPI	Escavacao mecanica de vaia em material de 2a. categoria até 2 m de profundidade com utilizacao de escavadeira hidraulica	m3xkm	57.871,27	0,55	31.829,20		0,38
01.01.005.003	2523/ORSE	Transporte com caminhão basculante de 18 m3, em via urbana pavimentada, dmt acima de 30 km(unidade: m3xkm) . af_0 9/2016	m3	14.568,99	93,33	1.359.723,84		16,27
01.01.005.004	9154/ORSE	Aterro com argilla, compactado mecanicamente, inclusive aquisição em depósito de material, exclusive transporte Impermeabilização - Fornecedor e aplicação de manta geotêxtil RT-21, resistência a tração=21 kN/m (antigo Bidi m OP-40 ou similar) em colchões drenantes	m2	80.247,76	15,11	1.212.543,65		14,51
Importa o presente orçamento em :							CUSTO TOTAL DO EMPREENDIMENTO =====>>>	8.356.780,96
(oito milhões, trezentos e cinquenta e seis mil, setecentos e oitenta reais e noventa e seis centavos)								