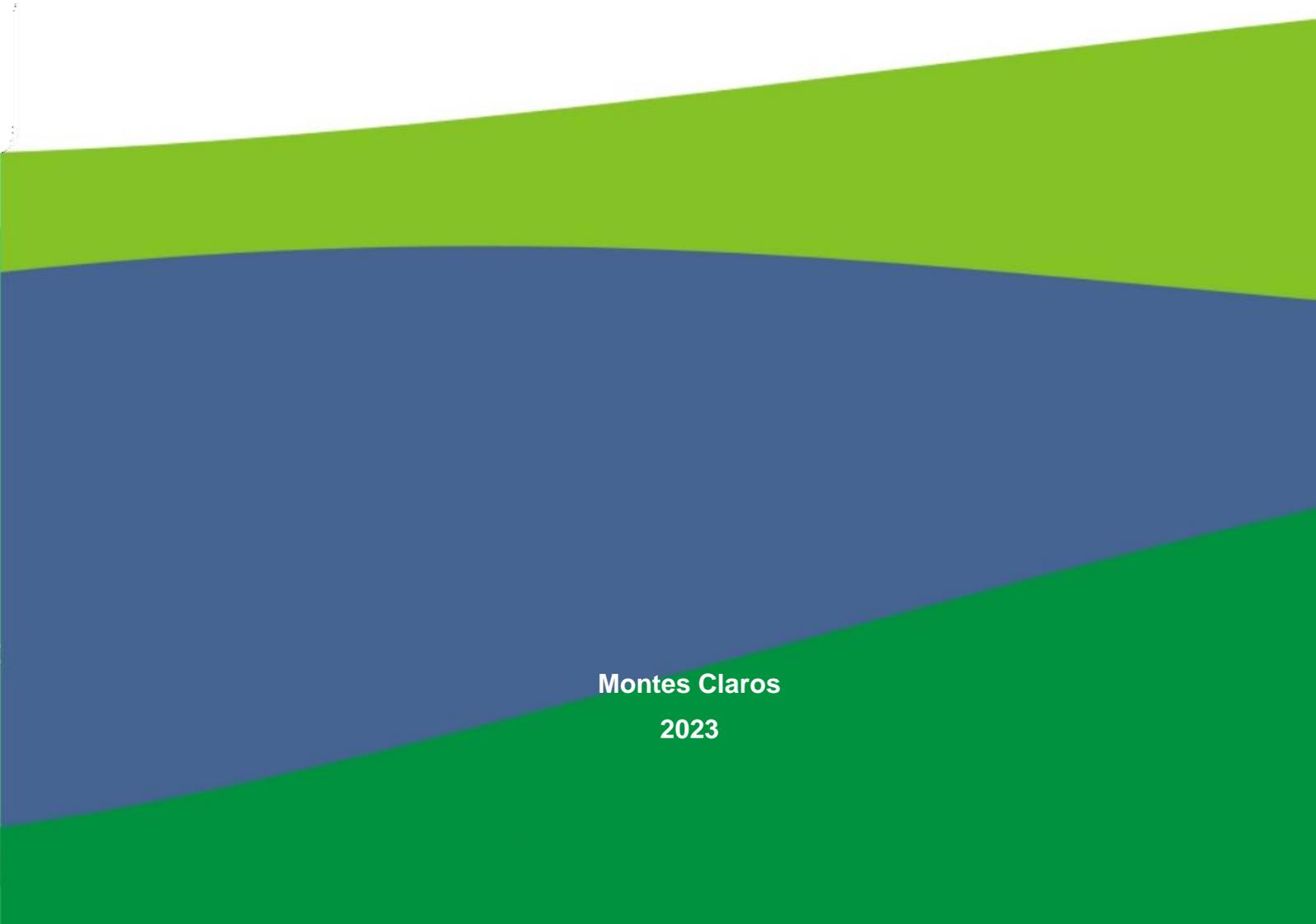


Roberth Oliveira de Freitas

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA  
O BAIRRO MORADA DO PARQUE EM ITAPETINGA- BA**

Montes Claros  
2023



Roberth Oliveira de Freitas

**DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA  
O BAIRRO MORADA DO PARQUE EM ITAPETINGA- BA**

Monografia de especialização apresentada ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

Orientador: Prof. Hélder dos Anjos Augusto

Montes Claros

2023

Freitas, Roberth Oliveira.

F866d            Dimensionamento de uma estação de tratamento de esgoto para o bairro Morada do  
2023            Parque em Itapetinga - BA[manuscrito] / Roberth Oliveira de Freitas. Montes Claros,  
2023.

52 f.: il.

Monografia (especialização) - Área de concentração em Recursos Hídricos e Ambientais. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Hélder dos Anjos Augusto

Banca examinadora: Dalton Rocha Pereira, Hélder dos Anjos Augusto, Luciano Vieira Lima.

Inclui referências: f. 51-52

1. Esgotos. 2. Águas residuais. 3. Drenagem de habitação. 4. Saneamento.  
I. Augusto, Hélder dos Anjos . II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 628.3



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
ESPECIALIZAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAIS

## FOLHA DE APROVAÇÃO

DIMENSIONAMENTO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO PARA CONDOMÍNIO HORIZONTAL

ROBERTH OLIVEIRA DE FREITAS

Trabalho Final de Curso de Especialização (TFCE) submetido à Comissão de Avaliação designada pela Comissão de Coordenação do curso de Especialização em Recursos Hídricos e Ambientais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Recursos Hídricos e Ambientais.

**TFCE aprovado em onze de agosto de 2023 pela comissão de avaliação constituída pelos membros:**

Dalton Rocha Pereira  
Avaliador - ICA/UFMG

Hélder dos Anjos Augusto  
Orientador - ICA/UFMG

Luciano Vieira Lima  
Avaliador - ICA/UFMG

Montes Claros, data da assinatura eletrônica.

Dalton Rocha Pereira  
Coordenador de Pós-graduação *Lato Sensu*



Documento assinado eletronicamente por **Dalton Rocha Pereira, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 31/10/2023, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **2761560** e o código CRC **55B72D09**.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos professores que compuseram a banca examinadora, minha mais profunda gratidão pelo olhar criterioso sobre o meu trabalho. Suas orientações, críticas construtivas e conhecimento compartilhado foram fundamentais para o aprimoramento deste estudo.

Aos meus amigos e colegas de curso, não há palavras suficientes para expressar o quanto sou grato por todos os momentos de convívio e ajuda mútua. Desde os desafios mais complexos até os momentos de descontração, a jornada foi enriquecida pela presença de cada um de vocês. O apoio mútuo e a troca de experiências tornaram essa caminhada não apenas educativa, mas também significativa e prazerosa.

Aos meus pais, meu agradecimento mais profundo por estarem sempre ao meu lado, apoiando-me incondicionalmente e acreditando em mim, mesmo nos momentos de incerteza. Seu amor, encorajamento e apoio constante foram a força motriz por trás de todas as minhas conquistas. Sem a base sólida que vocês me proporcionaram, nada disso seria possível.

Por último, mas não menos importante, quero expressar minha gratidão à Universidade Federal de Minas Gerais - Campus Montes Claros e a todo o seu corpo docente. O compromisso com a excelência acadêmica, aliado à dedicação dos professores, proporcionou um ambiente propício para o meu crescimento pessoal e profissional. Estou profundamente grato por ter tido a oportunidade de estudar em uma instituição tão respeitada, onde pude expandir meus horizontes e adquirir conhecimentos que serão valiosos para toda a vida.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado. Este trabalho não seria possível sem a contribuição de cada um, e levo comigo não apenas o conhecimento adquirido, mas também a gratidão por toda a jornada compartilhada.

## RESUMO

O saneamento básico, definido pela Lei nº 14.026/2020, é vital para a saúde humana, abrangendo água, esgoto, resíduos sólidos e mais. A falta de coleta e tratamento de esgoto causa poluição e doenças, sendo um desafio no Brasil, onde apenas 55,8% têm acesso à coleta e 51,2% ao tratamento, com números ainda piores no Nordeste. A responsabilidade objetiva foi aplicada, levando à instalação de sistemas de tratamento doméstico. A fibra de vidro e resinas, conhecidas como PRFV, surgiram como solução mais eficiente e econômica. O Marco Regulatório do Saneamento Básico visa melhorar o acesso aos serviços, com a meta de universalização até 2033. Novos projetos sustentáveis são necessários para suprir deficiências, promovendo igualdade de acesso. O trabalho propõe uma solução para o tratamento de esgoto doméstico em o loteamento Morada do Parque em Itapetinga, Bahia com 1498 habitantes. Optou-se pelo método de lodos ativados com aeração prolongada e fluxo intermitente, devido a vantagens construtivas e operacionais.

**Palavras-chave:** Estações de tratamento de esgotos sanitários; Efluente; Saneamento.

## ABSTRACT

Basic sanitation, as defined by Law No. 14,026/2020, is crucial for human health, encompassing water, sewage, solid waste, and more. The lack of sewage collection and treatment leads to pollution and diseases, posing a challenge in Brazil, where only 55.8% have access to collection and 51.2% to treatment, with even worse figures in the Northeast. Objective liability was applied, resulting in the installation of domestic treatment systems. Fiberglass and resins, known as FRP (Fiber Reinforced Plastic), emerged as a more efficient and cost-effective solution. The Regulatory Framework for Basic Sanitation aims to improve service access, with the goal of universalization by 2033. New sustainable projects are needed to address deficiencies and promote equal access. The study proposes a solution for domestic sewage treatment in the Morada do Parque development in Itapetinga, Bahia, with 1,498 inhabitants. The choice was the extended aeration activated sludge method with intermittent flow, due to its constructive and operational advantages.

**Keywords:** Sanitary sewage treatment plants; Effluen; Sanitation.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>14</b>
4.1 Cenário dos serviços de esgoto no Brasil.....	14
4.2. Conceituação e Caracterização do Esgoto Sanitário.....	16
4.2.1 Componentes do sistema de esgotamento sanitário.....	16
4.3 Formas de Tratamento de Esgotamento Sanitário.....	17
4.3.1 Tratamento Preliminar.....	17
4.3.2 Tratamento Primário.....	19
4.3.3 Tratamento Secundário.....	20
4.3.4 Tratamento Terciário.....	20
4.4 Os sistemas aeróbios de lodos ativados com aeração prolongada.....	21
<b>5. MATERIAS E MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
5.1. Caracterização da área de estudo.....	23
5.2 Definição de cada etapa de treinamento.....	25
5.2.1. Preliminar de tratamento (Pré-tratamento) .....	25
5.2.1.1 Gradeamento.....	26
5.2.1.2 Desarenador.....	26
5.2.1.3. Calha Parshall.....	26
5.2.1.4. Estação Elevatória de Esgoto/Equalização.....	26
5.2.1.5 Caixa distribuidora de vazão.....	26
5.2.2. Tratamento Primário.....	27
5.2.2.1. Reator Aerado.....	27
5.2.2.2. Tratamento Secundário.....	27
5.3 Coeficientes e parâmetros.....	27
5.4. Vazões de projeto.....	28
5.4.1.1. Vazão de infiltração.....	28
5.4.1.2. Vazão doméstica.....	29
5.4.1.3. Vazão industrial.....	29

5.4.2 Carga orgânica.....	29
5.5 Dimensionamento da estação de tratamento de esgoto.....	30
5.5.1 Tratamento preliminar.....	31
5.5.1.1 Caixa gradeada.....	31
5.5.1.2 Calha Parshall.....	35
5.5.2 Estação elevatória.....	37
5.5.3 Dimensionamentos dos equipamentos da ETE.....	41
5.5.3.1.1. Reator aeróbio.....	41
5.5.3.1.2 Decantador secundário.....	42
5.5.3.2 Desidratação do lodo.....	49
5.5.3.3 Caixa cloradora.....	49
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>51</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um dos requisitos essenciais para a manutenção completa da vida e da saúde humana. A lei nº 14.026/2020 modificou a lei nº 11.445/2007, estabelecendo diretrizes nacionais para as condições sanitárias básicas, em seu art. 3º, que define saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais para abastecimento de água, depuração urbana e gestão de resíduos sólidos, drenagem e gestão de águas pluviais e esgotos (BRASIL, 2020).

A falta de sistemas de coleta, tratamento e destinação final dos esgotos sanitários resulta em formas inadequadas para sua disposição, tais como: lançamento em corpos hídricos, disposição em terrenos, infiltração no solo e consequente poluição da água subterrânea. Com isso, favorece-se o contato, de forma indireta, das pessoas com os dejetos, ocasionando a proliferação de doenças de veiculação hídrica, desta forma, fazer a disposição adequada dos esgotos pode trazer grandes melhorias para a saúde pública.

Mesmo considerando que algo é tão importante na vida das pessoas, a universalidade destes serviços está longe de ser alcançada, principalmente esgoto doméstico. De acordo com o Sistema Nacional de Informação em Saúde (SNIS, 2021) apenas 55,8% toda a população do país tem oportunidade de coletar esgoto, e da quantidade de esgoto coletado, apenas 51,2% receberam tratamento. Na região nordeste, 30,2% da população é atendida por serviços de coleta e tratamento de esgoto (BRASIL, 2021).

Como grande parte do Brasil não tem coleta de esgoto coletiva, isso se torna um desafio para maioria dos municípios. Uma das saídas para esse problema foi aplicar a responsabilidade objetiva, onde todos são responsáveis pelos danos causados ao meio ambiente. Assim começou a ser obrigatório à implantação de pequenos sistemas de tratamento (caixas de gorduras, gradeamentos e fossas) nas residências. Com isso, logo se notou que esse tipo de tratamento não era tão eficiente, resultando no acréscimo do filtro anaeróbio após a fossa. Mas como essas fossas eram construídas em concreto, observou-se que esses equipamentos não eram adequados de forma construtiva e permitiam que o esgoto infiltrasse no solo, o contaminado juntamente com o lençol freático, e, conseqüentemente, afetando a saúde da população.

Visto isso, houve a necessidade de se aplicar uma resina para que não ocorresse esse vazamento e isso começou a tornar esse tipo de sistema muito caro. Assim, buscou-se outros tipos de tecnologias que fossem mais resistentes aos ataques químicos do esgoto e que fossem mais viáveis economicamente, surgindo, com isso, a fibra de vidro com resinas associados aos PVC os chamados PRFV (Poliéster Reforçado em Fibra de Vidro) .

Em 2020, ao passar por uma fase da pandemia que evidenciou desigualdades sociais e dificuldades de acesso a serviços básicos, o governo brasileiro se preparou para implementar mudanças em áreas repletas de gargalos que são cruciais para melhorar a qualidade de vida. Marco Regulatório do Saneamento Básico 3 A Lei nº 14.026/2020 visa facilitar o acesso do setor privado aos serviços e estabelece prazos e metas para a universalização do acesso aos serviços de água, esgoto e resíduos sólidos, além de fortalecer a centralidade da agência nacional de águas como entidade controle e supervisão (BRASIL, 2020).

O objetivo do marco do saneamento é de atingir a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil até 2033, tendo 99% das residências recebendo água tratada e 90% de coleta de esgoto. O prazo pode ser acrescido por mais sete anos, caso comprove inviabilidade técnica ou financeira (Folha de São Paulo, 2022).

Portanto, é razoável desenvolver novos projetos que aumentem conceitos sustentáveis consistentes com a política de saúde, esforços para suprir as deficiências no tratamento de esgoto doméstico em diversas cidades, promovendo a igualdade de acesso aos serviços de coleta e tratamento de esgotos para todos, independente de posição social, cor, escolha gênero ou origem étnica.

Este trabalho apresenta uma solução para o tratamento de efluentes domésticos, gerados em um loteamento com 1498 mil habitantes, para tal utilizou-se como exemplo loteamento Morada do Parque em Itapetinga - BA. O projeto está mais próximo de uma tipologia realista de grandes bairros e pequenos municípios, porque não precisam de grandes áreas; respeitem as normas “Emissões e qualidade do receptor” e operacionalidade viável.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1 Objetivo geral

Desenvolver um projeto de uma Estação de Tratamento de Esgoto para o loteamento Morada do Parque em Itapetinga – Bahia, com população de 1712 mil habitantes.

### 2.2 Objetivos Específicos

Dimensionar uma estação de tratamento de esgoto para o loteamento morada do parque em Itapetinga.

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho foi produzido através de pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto e cálculos com base nas regulações brasileiras.

O presente estudo foi realizado no período de maio a julho de 2022. Para sua elaboração, foi realizada uma revisão de literatura, por meio da pesquisa bibliográfica nas bases de dados online e portais de pesquisa como o *Scientific Eletronic Library Online* (SCIELO), Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES e Repositórios Institucionais de universidades do Brasil. Foram priorizados trabalhos publicados em periódicos científicos nacionais e internacionais, mas também foram utilizados dissertações de mestrado, teses de doutorado e livros publicados sobre o assunto.

Para elaboração dos cálculos as seguintes normas foram consultadas:

- NBR 12.209/2011 Elaboração de projetos hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgotos sanitários;
- CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências;
- CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011, Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA;
- NBR 12208/1992 Projeto de estação elevatória de esgoto sanitário;
- NBR 13969/1997 Tanques Sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.
- NBR-9648/1986: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

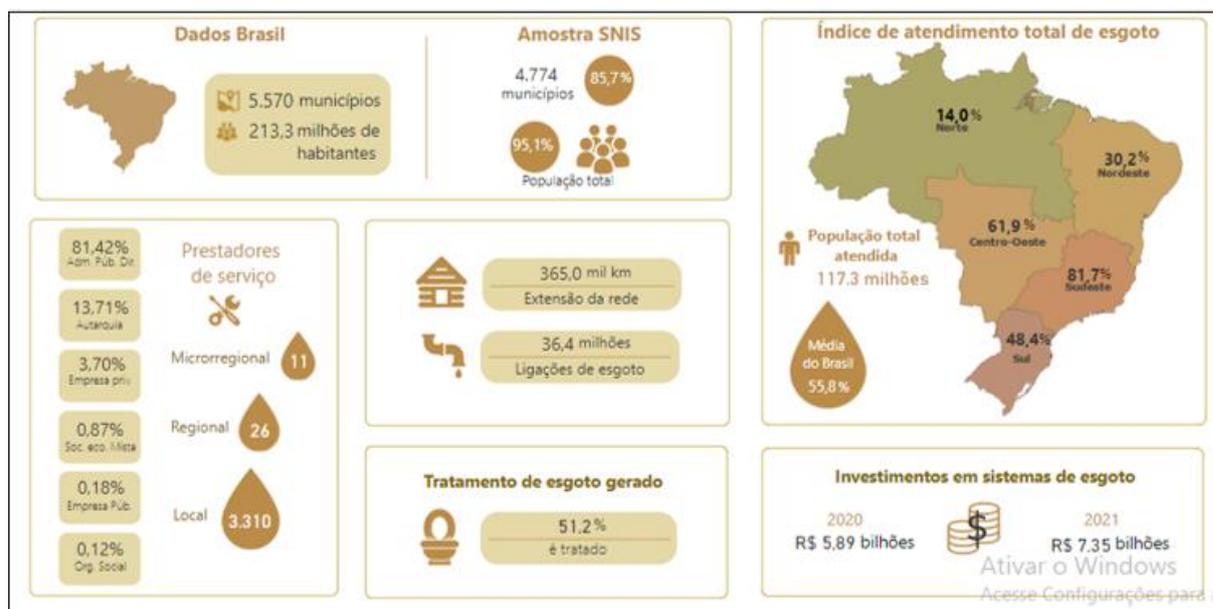
### 4.1 Cenário dos serviços de esgoto no Brasil

Na figura a seguir serão apresentados dados estatísticos para construção teórica de possíveis fundamentos que explicam os índices do setor e quais são os obstáculos para a melhoria dos mesmos. A análise foi realizada com base nos dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) (BRASIL, 2021).

No que se refere a serviços de esgotamento sanitário (Figura 1) os números são os seguintes: da amostra total de 4774 municípios e 95,1% da população total brasileira, observa-se que aproximadamente 117,3 milhões são beneficiários de sistema de coleta e tratamento de esgoto, um total percentual de 55,8% da amostra, pouco mais da metade da população. Em termos regionais há uma evidente assimetria entre o Sudeste, com 81,7% de atendimento e o Norte, com apenas 14% de cobertura.

A análise macro concluiu que das cinco regiões geoeconômicas do Brasil, apenas duas têm uma participação nos serviços de esgoto superior a 50%. Isso significa que grande parte do esgoto do país é tratado de forma inadequada, como é depositado em corpos hídricos, comprometendo a qualidade da água e a sobrevivência de inúmeros ecossistemas, além de prejudicar a saúde das pessoas.

**Figura 1:** Situação atual dos serviços de esgoto no Brasil



**Fonte:** Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 3 SNIS (2021)

De acordo a Folha de São Paulo (2022) serão necessários mais de R\$ 700 bilhões em novos investimentos em serviços de água e esgoto no país. Segundo Mota (2019), pode-se resumir a dificuldade que muitas cidades no Brasil têm relacionadas aos serviços de fornecimento de água tratada e coleta e tratamento de esgoto em quatro pontos: dificuldade de acesso aos recursos já disponíveis; projetos mal elaborados; divergências entre setor público e privado e, ausência de regulação efetiva.

Uma das soluções que queriam aplicar às microrregiões era a prestação regional, que é uma forma abrangente de prestação de um ou mais serviços básicos de saúde pública numa determinada região, cuja área abrange mais de um município (BRASIL, 2021). No § 3º da Lei 1.026/2020, a oferta regional é dividida em três categorias distintas: região metropolitana, aglomeração ou microárea; unidade regional de saúde; e um bloco de referência (grupo de municípios que não é necessariamente limitado) (OLIVEIRA, 2020).

A prestação regional dos serviços de saneamento básico oferece diversas vantagens, sendo as três mais importantes a economia de escala, a universalidade e a rentabilidade técnico-econômica dos serviços. Antes do lançamento da Lei nº 1.026/2020, já se reconhecia a existência de regulamentações regionais dentro da Lei Nacional de Saneamento, demonstrando a preocupação em promover uma abordagem integrada e eficaz aos desafios do saneamento básico no Brasil. A inclusão dessas regulamentações reforça a necessidade de uma gestão coordenada de recursos e serviços para superar as limitações de uma abordagem fragmentada e municipalista (OLIVEIRA, 2020).

A regulamentação regional, estabelecida pela Lei nº 1.026/2020, tem como objetivo enfatizar a importância da cooperação entre os entes federativos, coordenar políticas públicas e definir claramente as responsabilidades entre eles. Essa abordagem regionalizada visa promover o acesso universal a serviços de qualidade e a preservação do ambiente, acompanhando a evolução da legislação de saneamento no país (MOTA, 2019).

O cumprimento da regulamentação regional pelos proprietários é opcional, conforme estabelecido no artigo 8-A, resultando na responsabilidade não negociável de cada município pertinente (art. 8-B). Assim, a conformidade de uma comunidade

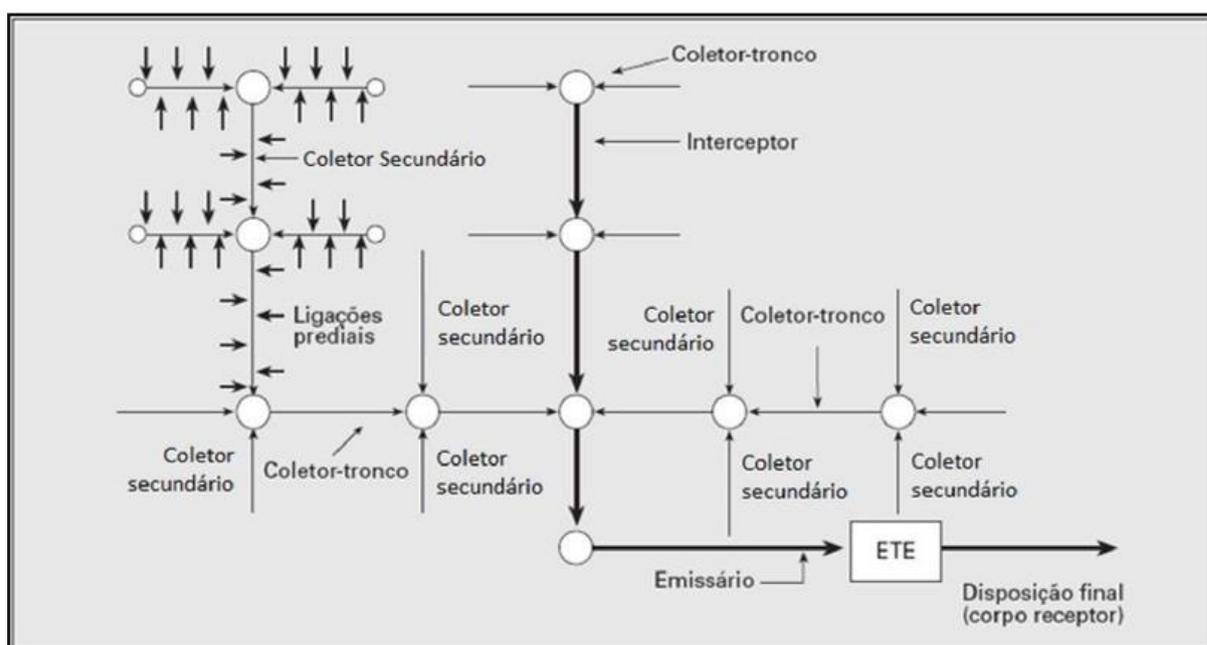
vinculada a uma região de desenvolvimento integrado com as disposições regionais depende explicitamente de sua aprovação, destacando a importância da cooperação e da coordenação entre os entes envolvidos para garantir a eficácia das políticas de saneamento em nível regional (MOTA, 2019).

## 4.2 Conceituação e Caracterização do Esgoto Sanitário

### 4.2.1 Componentes do sistema de esgotamento sanitário

Os principais componentes do sistema de esgotamento sanitário e suas respectivas definições estão descritas abaixo, sendo possível visualizá-los mediante esquema da figura 2.

Figura 2: Sistema convencional de esgotamento sanitário



Fonte: Nuvolari (2011)

- **Instalação hidrossanitária domiciliar:** engloba as tubulações presentes no ambiente interno da casa e as peças sanitárias que recebem águas utilizadas e as conduzem até a tubulação de saída do ramal predial (COSTA, 2010).
- **Ligação intradomiciliar:** abrange as tubulações que conecta cada uma das peças sanitárias ao ramal predial (COSTA, 2010). Coletor predial: compreende o trecho de tubulação que capta as ligações intradomiciliares e as destina ao coletor secundário (COSTA, 2010).

- **Coletor secundário:** “Tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento” (ABNT NBR 9649, 1986, p.1).
- **Rede coletora:** é a combinação de canalizações e poços de visita que recebem efluentes dos coletores secundários ou ramais condominiais e os destina para um ponto de reunião (COSTA, 2010).
- **Estação elevatória de esgoto (EEE):** trata-se de uma unidade que tem por objetivo recalcar os esgotos de um nível do poço de sucção até cotas adequadas ao funcionamento do sistema (COSTA, 2010).
- **Emissários:** “trecho da tubulação que recebe contribuição exclusivamente na extremidade de montante” (ABNT NBR 9649, 1986, p.1).
- **Estação de tratamento de esgoto (ETE):** realizada a coleta, os efluentes são destinados por estações elevatórias, caso necessário, e por emissários para uma unidade denominada estação de tratamento de esgoto, que tem por finalidade fornecer um tratamento adequado cuja qualidade atenda à legislação vigente para posterior disposição na natureza, seja no solo ou corpo hídrico (COSTA, 2010).

#### 4.3 Formas de Tratamento de Esgotamento Sanitário

As formas de tratamento de esgotamento sanitário estão divididas em níveis de tratamento, sendo: nível preliminar, primário, secundário e terciário, podendo apresentar o tratamento por princípios físicos, químicos e biológicos (COSTA, 2010).

##### 4.3.1 Tratamento Preliminar

O tratamento preliminar objetiva a remoção de sólidos grosseiros e de partículas de areia, uma vez que estes sólidos podem ocasionar problemas nos equipamentos e tubulações instalados a jusante, tais como entupimento e abrasão em rotores e bombas. Além disso, estes materiais, em sua maioria, não são passíveis de tratamento biológico devido à sua natureza inerte ou pouco degradável, o que pode ocasionar sérios problemas nos reatores e filtros anaeróbios (VON SPERLING, 2017).

- **Redução de Sólidos Grossos:** O pré-tratamento desempenha um papel fundamental na remoção de sólidos grosseiros, como pedras e detritos, antes que a água entre nas etapas de tratamento biológico. Essa remoção inicial é essencial para evitar danos às unidades de tratamento biológico, como tanques de lodo ativado ou reatores anaeróbios. Como resultado, o sistema pode funcionar de forma mais eficaz e com menos riscos de entupimentos e avarias (RIBEIRO E RAMOS, 2014).
- **Proteção de Microrganismos:** O pré-tratamento também protege os microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico. Microrganismos sensíveis podem ser prejudicados ou mortos por objetos estranhos e sólidos grosseiros, o que poderia comprometer o desempenho do sistema de tratamento (RIBEIRO E RAMOS, 2014).
- **Eficiência Energética:** Ao remover sólidos grosseiros e outros detritos, o pré-tratamento contribui para a eficiência energética do processo de tratamento biológico. Isso ocorre porque menos energia é necessária para mover e tratar água livre de materiais não desejados (SANCHES e VON SPERLING, 2020).

Portanto, é evidente que o bom funcionamento das unidades de pré-tratamento é crucial para o sucesso do tratamento biológico de águas residuais, garantindo não apenas a eficiência do processo, mas também a conformidade com padrões ambientais. Essas considerações são fundamentais para a gestão eficaz dos recursos hídricos e a preservação do meio ambiente.

Pode ser composto pelos processos de gradeamento, desarenador, peneiras, separadores de óleos e controle de vazão. Visa a remoção de sólidos em suspensão, materiais grosseiros e/ou flutuantes, areias, siltes, óleos etc. (JORDÃO; PESSOA, 2011).

As grades são barras dispostas de forma paralela e que possuem espaçamento entre si. De acordo com a NBR 12209 (ABNT, 2011), as grades podem ser classificadas em função do espaçamento. As grades grossas possuem espaçamento de 40 a 100 mm, as grades médias de 20 a 40 mm e as grades finas de 10 a 20 mm. No gradeamento, os materiais que possuem dimensões maiores que os espaçamentos entre as grades ficam retidos, sendo necessário fazer a remoção destes materiais periodicamente.

O desarenador ou caixa de areia tem a finalidade de remover a areia contida no esgoto sanitário. O mecanismo que ocorre é a sedimentação discreta, as partículas de areia não interagem entre si, e a velocidade de sedimentação é uniforme. Os grãos de areia por terem maiores dimensões e densidade vão para o fundo do tanque, enquanto a matéria orgânica segue para as unidades subsequentes (VON SPERLING, 2017).

Os materiais que são depositados no fundo do tanque precisam ser removidos regularmente e essa remoção pode ser manual ou mecanizada. A remoção da areia tem como finalidade evitar a abrasão nos equipamentos e tubulações, eliminar ou reduzir a possibilidade de obstrução em tubulações e facilitar o transporte do efluente nas unidades subsequentes.

Qualidade do Efluente Final: Um pré-tratamento adequado melhora a qualidade do efluente final, garantindo que os sólidos grosseiros, areias e pedriscos não cheguem ao efluente tratado. Isso é importante para cumprir os regulamentos ambientais e proteger o meio ambiente aquático (RIBEIRO E RAMOS, 2014).

#### 4.3.2 Tratamento Primário

É geralmente composto por processos físicos, e quando necessário, combinado com etapas químicas. Pode ser composto pela sedimentação, flotação por ar dissolvido, coagulação e sedimentação. Objetiva realizar a remoção de sólidos sedimentáveis como a matéria orgânica em suspensão, escumas, matéria graxa e precipitados químicos (JORDÃO; PESSOA, 2011).

A massa de sólidos resultante dos processos de sedimentação é retida no fundo dos tanques de decantação e denominada de lodo primário bruto (VON SPERLING, 2017). Este estágio é essencial porque envolve a remoção dos sólidos sedimentáveis e sólidos em suspensão, o que, por sua vez, reduz a carga orgânica e a turbidez da água residual.

Neste contexto, é importante destacar a relevância do tratamento primário:

1. **Remoção de Sólidos Suspensos:** Segundo Von Sperling (2016), o tratamento primário remove uma parcela significativa dos sólidos em suspensão presentes no esgoto bruto. Isso é fundamental porque a presença desses sólidos pode obstruir e prejudicar os processos

posteriores de tratamento biológico, dificultando o desempenho dessas etapas.

2. **Redução de Carga Orgânica:** A remoção de sólidos no tratamento primário também está associada à redução da carga orgânica. Autores como Cherem e von Sperling (2019) destacam que, embora o tratamento primário seja mais eficaz na remoção de sólidos do que na remoção de poluentes orgânicos dissolvidos, essa redução da carga orgânica é importante para aliviar a sobrecarga dos processos biológicos subsequentes.
3. **Economia de Energia:** A utilização do tratamento primário pode contribuir para economias significativas de energia. Autores como Sanches e von Sperling (2020) discutem que a remoção de sólidos no tratamento primário reduz a demanda energética necessária para processar as águas residuais nas etapas subsequentes de tratamento, tornando o sistema mais eficiente em termos energéticos.
4. **Proteção de Corpos D'água:** O tratamento primário também é relevante para a proteção de corpos d'água receptores. Autores como Ribeiro e Ramos (2014) ressaltam que a remoção de sólidos e sedimentos ajuda a evitar a poluição desses corpos d'água, preservando sua qualidade e minimizando impactos ambientais negativos.

#### 4.3.3 Tratamento Secundário

Com o objetivo principal de remover a matéria orgânica, ou Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, utiliza processos biológicos capazes de degradar os contaminantes presentes no esgoto e, eventualmente, poderá ocorrer a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo). Destaca-se as lagoas de estabilização, podendo ser aeróbicas, facultativas, de maturação ou de alta taxa, os processos de disposição no solo, os sistemas alagados construídos (*wetlands*), reatores e filtros anaeróbicos, lodos ativados e reatores aeróbicos com biofilmes (VON SPERLING, 2017).

#### 4.3.4 Tratamento Terciário

O tratamento terciário é a última etapa do tratamento de esgoto e é responsável pela remoção de nutrientes, de organismos patogênicos, compostos

não biodegradáveis, metais pesados, sólidos inorgânicos dissolvidos e sólidos em suspensões remanescentes (VON SPERLING, 2017). É comum ser utilizada essa etapa somente por exigências dos órgãos ambientais e da legislação vigente. Composto pelos processos de filtração final, membranas (nanofiltração) e absorção por carvão ativado (JORDÃO; PESSOA, 2011)

O tratamento terciário é a última etapa do tratamento de esgoto e é responsável pela remoção adicional de poluentes, incluindo nutrientes, patógenos e substâncias químicas emergentes. Segundo Metcalf & Eddy (2017), essa etapa é particularmente relevante quando a qualidade da água tratada deve atender a padrões rigorosos de descarte ou reuso. Autores como Rocha et al. (2020) enfatizam a necessidade de processos avançados, como filtração por membranas e desinfecção, para alcançar níveis elevados de qualidade da água.

#### 4.4 Os sistemas aeróbios de lodos ativados com aeração prolongada

Os sistemas aeróbios de lodos ativados com aeração prolongada representam uma importante abordagem para o tratamento de águas residuais no contexto brasileiro. Essa tecnologia tem sido amplamente estudada e aplicada em estações de tratamento de esgoto no país, contribuindo para a remoção eficaz de matéria orgânica e poluentes específicos

Uma das principais características dos sistemas aeróbios de lodos ativados com aeração prolongada é sua eficiência na remoção de matéria orgânica. Autores como Cherem e von Sperling (2019) enfatizam que esses sistemas são capazes de promover uma alta taxa de oxigenação, o que favorece a atividade microbiana aeróbica. Isso resulta em uma degradação eficaz da matéria orgânica presente nas águas residuais, reduzindo a carga orgânica no efluente tratado.

Os sistemas de lodos ativados com aeração prolongada também se destacam por sua capacidade de adaptação a variações de carga e qualidade do esgoto. Conforme observado por Von Sperling (2016), a tecnologia permite ajustes operacionais para lidar com flutuações na vazão e na concentração de poluentes, o que a torna adequada para estações de tratamento de esgoto com demandas variáveis.

A remoção de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, é um aspecto importante do tratamento de águas residuais no Brasil, devido aos regulamentos ambientais rigorosos. Autores como Moraes et al. (2018) discutem as estratégias e desafios

para a remoção de nutrientes em sistemas de lodos ativados com aeração prolongada, destacando a importância da configuração do sistema e da relação carbono/nitrogênio.

Os sistemas aeróbios de lodos ativados também têm se mostrado eficazes na produção de lodo de alta qualidade, adequado para processos de desidratação e disposição final. Autores como Sanches e von Sperling (2020) abordam estratégias de gerenciamento de lodo em estações de tratamento que utilizam essa tecnologia, enfatizando a importância da estabilização e desidratação do lodo.

Uma vantagem notável da tecnologia LAP em leitos de fibra é a sua capacidade de se adaptar a variações na carga de esgoto. Von Sperling (2016) enfatiza que essa flexibilidade é especialmente importante em locais com flutuações sazonais na demanda de esgoto, permitindo um desempenho eficaz ao longo do ano.

Com a crescente escassez de água, o reúso de água tratada é uma preocupação fundamental no Brasil. Autores como Ribeiro et al. (2020) discutem como sistemas de LAP em leitos de fibra podem ser configurados para atender a padrões de qualidade de água adequados para o reúso não potável, como irrigação de áreas verdes, reduzindo a demanda por água potável.

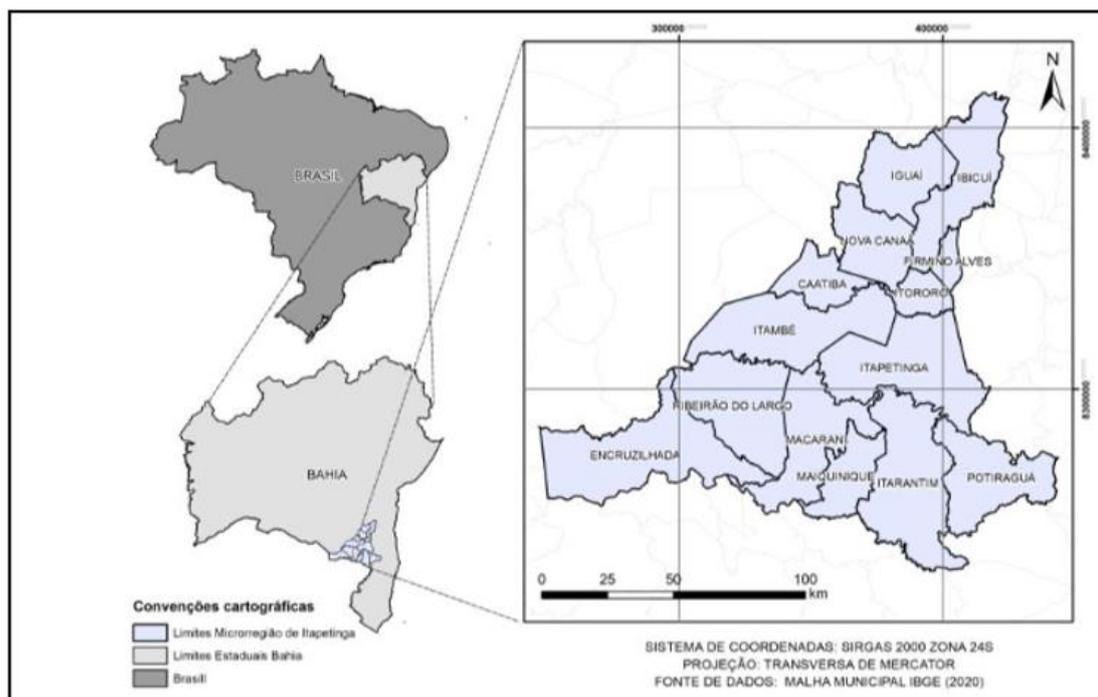
Outro aspecto relevante é a sustentabilidade desses sistemas. Autores como Rocha et al. (2018) destacam que a tecnologia LAP em leitos de fibra pode apresentar uma pegada ambiental menor em comparação com outras tecnologias, devido à redução no consumo de energia e na produção de lodo, o que é crucial para a gestão ambiental adequada.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1. Caracterização da área de estudo

A Estação de Tratamento de Esgoto será instalada para atender o loteamento residencial Morada do Parque, na cidade de Itapetinga, município brasileiro do estado da Bahia, na mesorregião Centro-Sul Baiano. Seus municípios limítrofes são: Itambé, Caatiba, Itororó, Pau Brasil, Itaju do Colônia, Potiraguá, Macarani e Itarantim. Situa-se a  $15^{\circ}15'12.48''$  de latitude sul e  $40^{\circ}15'19.78''$  de longitude oeste, a uma altitude de 386 metros, seu clima é predominantemente é Semiárido. Sua população, de acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) era de 75.470 habitantes em 2018 e possui uma área de 1.627,518 km<sup>2</sup> (IBGE, 2023).

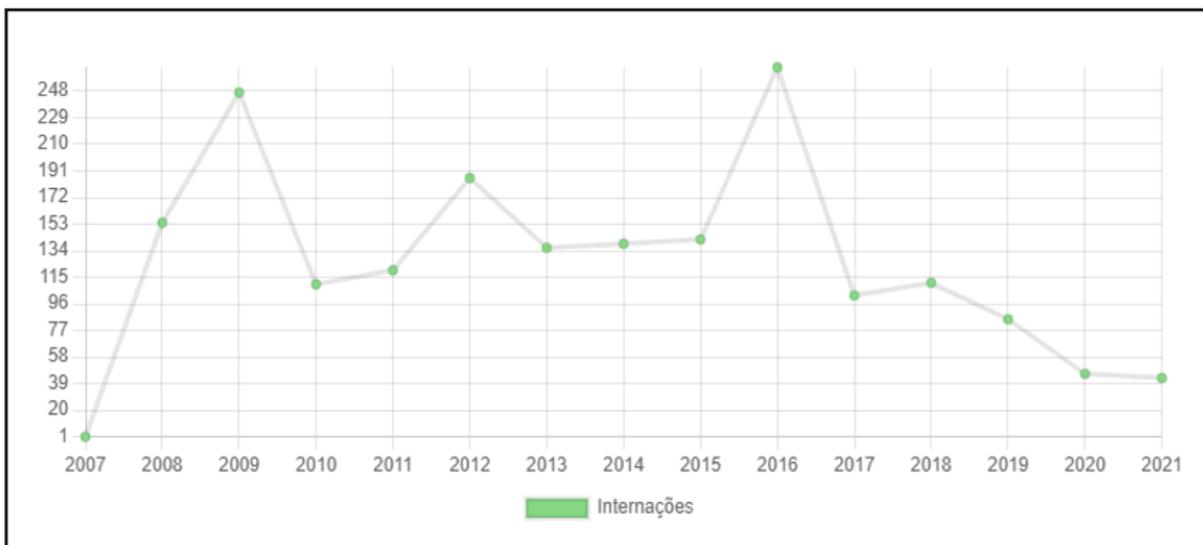
**Figura 3:** Mapa microrregião de Itapetinga - BA.



Fonte: Próprio autor, 2023.

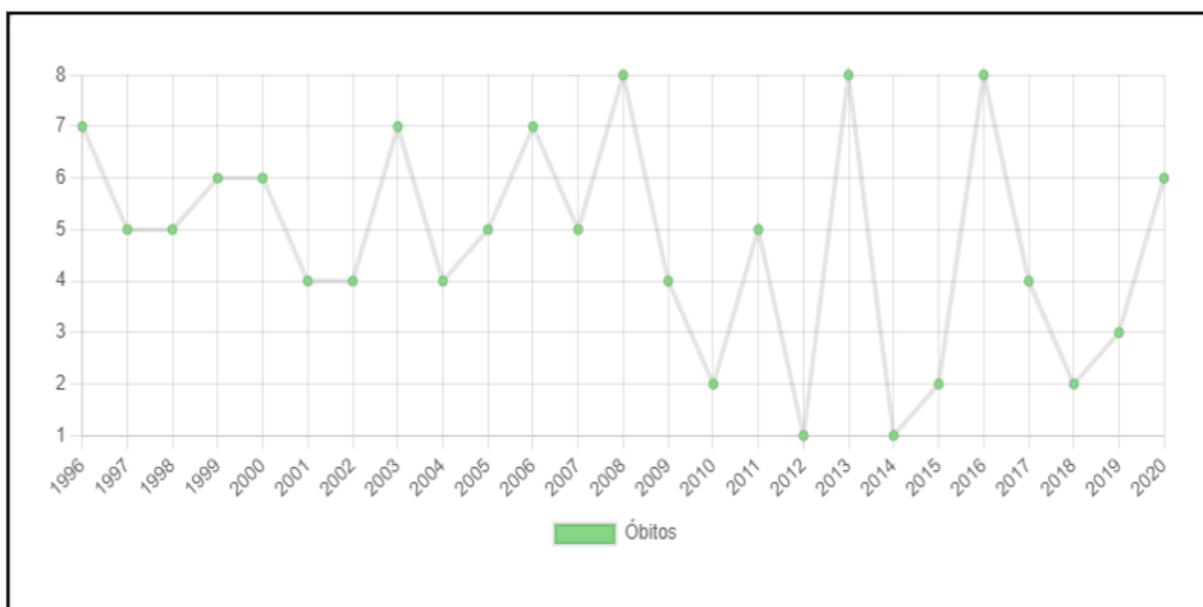
A cidade de Itapetinga, não possui plano municipal de saneamento básico, e tem 64,37% do esgoto coletado e 21,12% do esgoto coletado é tratado (SNIS, 2021).

**Figura 4:** Número de internações hospitalares por ano ocorridas em consequência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI).



Fonte: Mortalidade – SIM/DATASUS, 2021

**Figura 5:** Número de mortes por ano ocorridas em consequência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI).



Fonte: Mortalidade – SIM/DATASUS, 2021

O bairro Morada do Parque, possui 428 lotes de uso residencial, com taxa de ocupação de 3,5 habitantes por lote, por se tratar de um empreendimento em implantação conta com toda infraestrutura que será doada aos órgãos públicos e concessionárias competentes.

Figura 6: Área de estudo Bairro Morada do Parque, Itapetinga – BA.



Fonte: Próprio autor, 2023.

## 5.2 Definição de cada etapa de treinamento

### 5.2.1. Preliminar de tratamento (Pré-tratamento)

O pré-tratamento visa remover sólidos grossos e partículas de areia, pois esses sólidos podem causar problemas em equipamentos e tubulações a jusante, tais como: B. Bloqueios e abrasões em impulsores e bombas. Além disso, devido à sua natureza inerte ou pouco degradável, estes materiais não são em grande parte sujeitos a tratamentos biológicos, o que pode causar sérios problemas em reatores e filtros anaeróbios. O bom funcionamento dos dispositivos que constituem o pré-tratamento é essencial para um correto tratamento biológico. Os mecanismos de eliminação física predominam nesta fase. Remove grandes sólidos, areia e cascalho.

#### 5.2.1.1 Gradeamento

Na unidade de gradeamento ficam retidos os sólidos contidos nos esgotos, com dimensões superiores ao espaçamento das barras. O gradeamento adotado foi de limpeza manual, podendo ser utilizado através de rastelo. Os sólidos removidos

nas unidades serão depositados em caçambas e encaminhados em local de aterramento.

#### 5.2.1.2 Desarenador

A unidade de desarenação localiza-se entre a unidade de gradeamento e a calha Parshall. Nesta unidade os grãos de areia em suspensão na massa líquida sedimentam-se de forma discreta, devido à taxa de aplicação superficial, sendo arrastados, até as zonas periféricas do canal. Os dois desarenadores trabalham em paralelo, permitindo assim, uma maior flexibilidade operacional por ocasião de paralisação para manutenção. Os esgotos vertem sobre os canais a jusante, seguindo para a calha Parshall. A areia separada (decantada) deverá ser removida através de operação manual e transferida para uma caçamba posteriormente será encaminhado para unidade de aterramento.

#### 5.2.1.3. Calha Parshall

Após passar pelo desarenador, o esgoto segue para o canal que o encaminhará à calha Parshall. Esta tem a finalidade de medir a vazão de esgoto afluyente ao sistema. Esse equipamento permite a leitura da vazão no instante da medição.

#### 5.2.1.4. Estação Elevatória de Esgoto/Equalização

O poço húmido da estação elevatória de esgoto possibilita a homogeneização dos esgotos brutos e amortece picos de vazão. O transporte/elevação dos esgotos se dá através do conjunto moto-bomba, que são acionadas em função dos níveis.

#### 5.2.1.5. Caixa distribuidora de vazão

A chegada da vazão afluyente aos reatores anaeróbios dá-se em escoamento forçado até as caixas, localizadas sobre os reatores. Após estas caixas, a distribuição da vazão nos reatores dá-se em escoamento livre, por meio de tubos distribuidores interligados às caixas de distribuição de vazão. Ao atingir os reatores, o esgoto sanitário afluyente é conduzido até a câmara de digestão por dispositivos de

distribuição de fluxo. Cada tubulação afluente à caixa de distribuição do UASB possui um registro que permite isolar a caixa no caso de manutenção.

## 5.2.2. Tratamento Primário

### 5.2.2.1. Reator Aerado

No reator ocorrem as reações bioquímicas de remoção da matéria orgânica e, em determinadas condições, da matéria nitrogenada. A biomassa se utiliza do substrato presente no esgoto bruto para se desenvolver. No tanque de aeração, devido à entrada contínua de alimento, na forma de DBO, dos esgotos, os microrganismos crescem e se reproduzem continuamente. Para manter o sistema em equilíbrio, é necessário que se retire aproximadamente a mesma quantidade de biomassa que é aumentada por reprodução. Este portanto o lodo excedente deve sofrer tratamento adicional, na linha de tratamento do lodo, sendo usual adensamento, estabilização e desidratação.

### 5.2.2.2. Tratamento Secundário

O decantador secundário consiste em um equipamento que separa a massa de micro-organismos conhecida como lodo, do esgoto já tratado. Essa separação é realizada por gravidade, onde uma parcela desse lodo retorna ao início do sistema de tratamento para manter o controle e o equilíbrio do processo de tratamento, aumentando a eficiência na remoção da matéria carbonácea.

## 5.3 Coeficientes e parâmetros 2

Se tratando de um empreendimento com áreas pré-definidas, a população inicial é igual à população final, até a conclusão de todas as unidades habitacionais, o projeto abrangerá toda a população estimada, de 1428 pessoas.

Tabela 1: Coeficientes do esgoto doméstico.

COEFICIENTE	FAIXA	VALOR	Unidade
Número de lotes –		428	unidades
Taxa de Ocupação –		3,5	hab/lote
População –		1.498	habitantes
Consumo per capita -		125	L/ hab. Dia

Coeficiente de máxima variação diária -		$k_1=1,2$	
Coeficiente de máxima variação horária-		$k_2=1,5$	
Coeficiente de mínimavariação horária -		$k_3=0,5$	
Coeficiente de retorno -		$R = 0,80$	
Diâmetro mínimo darede -		150	mm
Taxa de infiltração:		$q_1= 0,000133$	L/s.m
Extensão da rede:		5.248,00	m
DBO	45 a 60	54 g/hab.dia	g.DBO/hab.d —
DQO	90 a 120	108 g/hab.dia	g.DQO/hab.d –
Sólidos Solúveis	45 a 70	60 g/hab.dia	g.SS/hab.dia —
Nitrogênio	8,0 a 12,0	8 g/hab.dia	g.N/hab.dia —
Fósforo	1,0 a 1,6	1,2 g/hab.dia	g.P/hab.dia —
Y – coef. De produçãocecular	0,4 – 0,8	0,6	gSSV/gDBO <sub>5</sub>
K <sub>d</sub> coeficiente de resp. Endógena	0,06 – 0,10	0,08	gSSV/gSSV.d
Θ coef. Temp. para K <sub>d</sub>	1,05 – 1,09	1,07	-
f <sub>b</sub> fração biodegr. Ao gerar sólidos (SS <sub>b</sub> /gSSV)		0,8	SS <sub>b</sub> /gSSV
SSV/SS no esgoto bruto	0,7 – 0,85	0,80	gSSV/gSS
SS biodegrad./SS noesgoto bruto		0,60	gSS <sub>b</sub> /gSS
SSV/SS ao gerar ossólidos		0,90	gSS <sub>b</sub> /gSS
Oxigênio por sól. biodegrad. Destruído		1,42	gDBOu/gSS <sub>b</sub>
Relação DBO última /DBO <sub>5</sub>	1,2 – 1,5	1,46	gDBOu/gDBO <sub>5</sub>

Fonte: Próprio autor, 2023.

#### 5.4. Vazões de projeto

A vazão deste projeto foi definida em relação à quantidade do esgoto gerado, relacionada ao consumo pré-estabelecido de água, a partir de diversos fatores que influenciam diretamente neste parâmetro sejam: região atendida, hábitos de higiene, nível socioeconômico, nível cultural, entre outras comportamentais, não obstante, a disponibilidade.

##### 5.4.1.1. Vazão de infiltração

A vazão correspondente à infiltração na rede coletora foi definida pelo produto de sua extensão total e da taxa de infiltração adotada. Segundo a NBR 9649, quando não há estudo específico desses valores, deve-se adotar um valor no intervalo de 0,05 a 1 L/s x km, portanto, neste projeto, considerando a natureza do subsolo da área de projeto, adotamos a Taxa de Infiltração (TI) na ordem de 0,000133L/s x m, logo a vazão de infiltração ao longo da rede tem-se:

$$Q_{\text{inf.}} = 5.248,00 \text{ m} \times 0,000133 \text{ L/s} \times \text{m} = 0,699 \text{ L/s}$$

#### 5.4.1.2. Vazão doméstica

A vazão de esgoto afluyente a ETE projetada incluirá a contribuição de esgoto, com todas as variações somadas à vazão de infiltração.

$$\text{MÍNIMA: } Q_{\text{min}} = (k_3 \times Q_{\text{tot}}) + Q_{\text{inf}} = 1,78 \text{ L/s}$$

$$\text{MÉDIA: } Q_{\text{med}} = Q_{\text{tot}} + Q_{\text{inf}} = 2,87 \text{ L/s}$$

$$\text{MÁXIMA: } Q_{\text{máx}} = (k_1 \times k_2 \times Q_{\text{tot}}) + Q_{\text{inf}} = 3,9 \text{ L/s}$$

QUADRO DAS VAZÕES AFLUENTES				
	m³/dia	m³/h	m³/s	L/s
<b>MÍNIMA</b>	<b>153,792</b>	<b>6,408</b>	<b>0,00178</b>	<b>1,78</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>247,968</b>	<b>10,332</b>	<b>0,00287</b>	<b>2,87</b>
<b>MÁXIMA</b>	<b>336,96</b>	<b>14,04</b>	<b>0,0039</b>	<b>3,9</b>

Fonte: Próprio autor, 2023.

#### 5.4.1.3. Vazão industrial

Por se tratar de um loteamento residencial, não tem vazão industrial.

#### 5.4.2. Carga orgânica

As concentrações são definidas pelo tipo de população contribuinte, de acordo com a classificação do efluente. Neste projeto as concentrações foram

definidas em função do tipo de ocupação, para a população fixa, os parâmetros adotados foram os seguintes:

**Tabela 3:** Parâmetros do esgoto.

Parâmetros Iniciais			
	Parâmetro	Convencion al	Aeração Prolongada
Parâmetros a serem assumidos inicialmente	Idade do Lodo (d)	4 - 10	18 - 30
	Concentração de SSVTA (mg/L)	1500 - 3500	2500 - 4000
	SS efluente (mg/L)	10 - 30	10 - 30
	Razão de Recirculação (Qr/Q)	0,6 – 1,0	0,8 – 1,2
	Concentração médiade OD no reator (mg/L)	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0

Fonte: Próprio autor, 2023.

**Tabela 4:** Carga orgânica do esgoto.

Carga Orgânica					
Local	Contribuintes	DBO g/Contribuinte.Dia	Total DBO g / Dia	DQO g / Dia	Total DQO g / Dia
<b>Consumo Per Capita</b>	1.498	<b>54</b>	80.892	<b>108</b>	161.784
<b>Total de Carga Orgânica (mg/dia)</b>			80.892.000		161.784.000
<b>Concentração Carga Orgânica (mg/L)</b>			326,22		652,44
<b>Concentração Carga Orgânica (Kg/m³)</b>			0,326		0,652

Fonte: Próprio autor, 2023.

### 5.5 Dimensionamento da estação de tratamento de esgoto

Após obtenção dos dados do estudo preliminar, é possível dimensionar a ETE contendo o tratamento preliminar, secundário e pós-tratamento. O tratamento preliminar contará com gradeamento, caixa de areia e medidor de vazão, sendo este, a calha Parshall. O tratamento secundário será feito pelo reator aeróbio de fluxo ascendente que ficará responsável pelo pós-tratamento.

### 5.5.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar visa à remoção de sólidos não sedimentáveis e em decorrência, parte da matéria orgânica, por meio de mecanismos estritamente físicos.

#### 5.5.1.1 Caixa gradeada

Cálculos de dimensionamento:

Eficiência:

$$E = a / (a + t)$$

Onde:

a = Diâmetro dos orifícios (Espaçamento entre as barras (mm));

t = Distância entre os orifícios (mm).

$$E = 20\text{mm} / (20\text{ mm} + 9,5\text{ mm}) * 100 = 67,8\%$$

• **Área útil necessária (Au) – (área total de passagem do esgoto):**

$$Au = Q \text{ máx} / v$$

Onde: Q máx: Vazão máxima afluyente (m<sup>3</sup>/s);

v: Velocidade de passagem da grade limpa (m/s)

$$Au = 0,000385 / 0,60 = 0,0064 \text{ m}^2$$

**Área Total necessária (Área da Placa):**

$$S = (Au / E) * 100 =$$

Onde: Au= Área Útil necessária (m<sup>2</sup>);

E = Eficiência (%)

$$S = (0,0064 / 0,678) * 100 = 0,93 \text{ m}^2$$

**Número de furos:**

$$N = Au / A_{\text{orif}}$$

$$A_{\text{orif}} = \pi * r^2$$

Onde: A<sub>orif</sub>= Área do orifício (m<sup>2</sup>);

$r$  = Raio do orifício (m)

$$N = 0,0064 / \pi * 0,012 = 20,4$$

**Área total para comportar os furos - Ne:**

$$Ne = Nb * ( (a+t) * (a+t) / 1000000 ) m^2$$

Onde : Nb= Numero de Orifícios;

a = Diâmetro dos orifícios (=Espaçamento entre as barras (mm));

t = Distância entre os orifícios (mm).

$$Ne = 20,7 * ( (20+9,5) * (20+9,5) / 1000000 ) = 0,18 m^2$$

**Velocidade de aproximação (canal de aproximação) – m/s:**

$$V_0 = Q_{max} / S$$

Onde: Q máx: Vazão máxima afluyente (m<sup>3</sup>/s);

S: Área necessária.

$$V_0 = 0,0039 m^3/s / 0,96 m^2 = 0,0041 m/s$$

**DL- Número de dias para limpeza (acumulo de resíduo):**

Determinar: 10 dias

**Área total da placa para suprir a limpeza:**

$$A_{ur} = DL * Ne = 10 * 0,18 m^2 = 1,8 m^2$$

Lado da placa considerando quadrada =  $\sqrt{1,8} = 1,34 m$

**Tabela 5:** Quantidade de sólidos grosseiros removidos em função do espaçamento entre as barras.

Espaçamento (mm)	Quantidade típica de solidos grosseiros Retidos (L/1.000m <sup>3</sup> )
12,5	50
20	38
25	23
35	12
40	9
50	6

Fonte – Próprio autor, 2023.

Quantidade esperada de sólidos retidos no gradeamento vazão média:

$$247,968 \text{ m}^3/\text{dia} \times 38 \text{ L}/1.000\text{m}^3 = 9,42 \text{ L}/\text{dia}$$

O material removido deve ser imediatamente afastado das instalações de gradeamento e encaminhado ao seu destino final, de modo a evitar inconvenientes na circunvinhança das unidades. A limpeza dessa unidade deverá ser feita manualmente com auxílio de rastelo, de acordo com a acumulação de resíduos, preferencialmente duas vezes ao dia.

### CANAL DE REMOÇÃO DE AREIA

Parâmetros - Velocidade de sedimentação – 0,02 m/s

Velocidade adotada - 0,6 m/s

Determinação da área da caixa de areia (A):

$$A = Q_{\text{max}}/v = 0,0039/0,3 = 0,013 \text{ m}^3$$

Determinação da altura da lâmina de água (h):

$$Q = K \times Hn$$

H: Carga hidráulica (m);

Q: Vazão de projeto (m<sup>3</sup>/s); n: 1,547;

K: 0,381;

W:3 (Largura da garganta em polegadas);

- para  $Q_{\text{máx}} = 0,00382 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $h_{\text{máx}} = 0,051 \text{ m}$

- para  $Q_{\text{min}} = 0,00156 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $h_{\text{min}} = 0,0286 \text{ m}$

### Cálculo do rebaixamento (Z):

$$Q_{\text{min}}/Q_{\text{máx}} = (h_{\text{min}} - Z)/(h_{\text{máx}} - Z)$$

$$0,00156/0,00382 = (0,0286 - Z)/(0,051 - Z) \rightarrow Z = 0,01313$$

Adotar "Z" = 0,014 m

Para construção adotar rebaixo de 1,4 cm.

O rebaixo z é feito entre o final da Caixa de Areia e a entrada da Calha

Parshall.

**Determinação da largura da caixa de areia (b):**

$$h = Q_{\text{máx}} / ((h_{\text{máx}} - Z) * v)$$

$$h = 0,00382 / ((0,051 - 0,014) * 0,3)$$

$$h = 0,344 \text{ m}$$

O canal de areia terá largura de 0,36 m, num total de 02 (dois) canais, assim a seção terá 0,66 m de largura.

**Determinação do comprimento da caixa de areia (L):**

$$L = 22,5 \times Y = 22,5 \times (0,051 - 0,014) = 0,83 \text{ m.}$$

Será adotado o comprimento L de 1,0 m. E conforme a literatura a profundidade de 0,30m.

**Verificação da Taxa de Escoamento Superficial ( 600 – 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.d):**

$$\text{Superfície da caixa } A = L \times b = 1,0 \times 0,36 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{Max}} = 330.048,00 \text{ L/dia} \square 13,752 \text{ m}^3/\text{h} \square 3,82 \text{ L/s}$$

$$Q/A = 330,048 \text{ m}^3/\text{dia} / 0,36 \text{ m}^2$$

$$Q/A = 916,80 \text{ m}^3/ \text{m}^2 \times \text{dia}$$

Serão adotados, 02 (dois) canais para remoção de areia, com: Comprimento 1,0 metros;

Largura – 0,36 metros;

Profundidade depósito de areia – 0,30 metros.

**Quantidade de material retido no canal:**

Material – 30 a 40 L/1000m<sup>3</sup> esgoto

$$(330,048 \text{ m}^3/\text{dia}) \times (0,03 \text{ m}^3/ 1000 \text{ m}^3) = 0,009 \text{ m}^3 \text{ areia/ dia}$$

Para um período de dez dias:

$$0,009 \text{ m}^3 \times 10 \text{ dias} = 0,09 \text{ m}^3 = 90 \text{ L (ok)}$$

### 5.5.1.2 Calha Parshall

Com base na vazão de projeto, verifica-se pela tabela os limites de aplicação do medidor Parshall.

**Tabela 6:** Tabela medidor Parshall.

W		A	B	C	D	E	F	G	K	N	Q= m³/h	
Poleg	mm										min.	máx.
1	25	363	356	93	168	350	76	203	19	29	-	-
3	76	466	457	178	259	610	152	305	25	57	2,9	194
6	152	620	610	394	403	610	305	610	76	114	5,4	397
9	229	880	864	380	575	762	305	457	76	114	9,0	902
12	305	1372	1344	610	845	914	610	915	76	229	12,6	1.644
18	457	1449	1420	762	1026	914	610	915	76	229	17,3	2.503
24	610	1525	1496	915	1207	914	610	915	76	229	42,1	3.372
36	915	1677	1645	1220	1572	914	610	915	76	229	61,6	5.135
48	1220	1830	1795	1525	1938	914	610	915	76	229	136,1	6.921
60	1525	1983	1941	1830	2303	914	610	915	76	229	167,8	8.724
72	1830	2135	2090	2135	2667	914	610	915	76	229	262,4	10.541
84	2135	2288	2240	2440	3030	914	610	915	76	229	303,5	12.370
96	2440	2440	2392	2745	3400	914	610	915	76	229	344,2	14.210
108	3050	2745	2470	3660	4759	1220	915	1830	153	343	-	-

Fonte: Próprio autor, 2023.

Deste modo, o medidor escolhido é o W3.

Cálculo da Carga hidráulica (h):

Equação de descarga do Medidor Parshall:

$$Q = K \times H$$

H (h<sub>1</sub>): Carga hidráulica – na seção de medição (m);

Q: Vazão de projeto (m³/s);

n: 1,547; K: 0,176;

W: 3 (Largura da garganta em polegadas).

**Tabela 7:** Parâmetros para dimensionamento da calha Parshall.

W		n	k	
Pol	cm		métricas	inglesas
3"	7,6	1,547	0,176	0,992
6"	15,2	1,580	0,381	2,06

Fonte: Próprio autor, 2023.

$$\underline{h_1 = 0,052 \text{ m ou } 5,52 \text{ cm.}}$$

De acordo com a NBR 12.216, o ideal é que a altura do curso d'água no aclave responsável pelo ressalto deve ser 60% a altura de  $h_1$ , situada na parte convergente da garganta, para que a descarga seja livre, ou seja,  $h_2/h_1 < 0,60$ .

Descarga Livre:  $h_2 \leq 0,6h$

$$h_2 \leq 0,0312 \text{ m de carga hidráulica para descarga ser livre}$$

Adotando-se a profundidade da lamina de água ( $h_3$ ) no final do medidor Parshall a mesma que no início  $h_1$ ,

$$h_3 = h_1$$

Deste modo, admite-se que a perda de carga ao longo do canal seja  $h_f$ :

$$h_f = h_3 - 0,6H$$

$$h_f = h_3 - h_2 = 0,0208 \text{ m}$$

Logo o nível de água – NA1 na seção de medição do Parshall será:

$$NA1 = h_1 + h_f$$

$$NA1 = 0,0728 \text{ m}$$

Para garantir a condição acima, temos que o rebaixo  $x$  devera ser:

$$x = h_3 - h_2 - K x = 0,052 - 0,0312 - 0,025 = - 0,0042 \text{ m}$$

O valor negativo significa que não será necessário construir rebaixo.

Como a dimensão  $E$  do Medidor Parshall W3 é 0,38 m e a altura da água será de 0,0728 m, sobrar uma folga de 0,3072 m. O canal de aproximação será a caixa desarenadora calculada anteriormente, responsável por manter a velocidade do escoamento.

O medidor Parshall deve ser instalado em canais retos com paredes perfeitamente Verticais. Por aspectos construtivos o canal de saída construído em PRFV deverá ter 1,0 m de comprimento, sem necessidade de rebaixamento.

### 5.5.2 Estação elevatória

Situada a montante da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), a estação elevatória se encarregará de encaminhar o efluente coletado pela rede até o Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente que é o primeiro equipamento da ETE.

### **Cálculo para vazões de projeto**

A partir dos valores encontrados, a vazão de recalque foi definida considerando a vazão máxima de final de plano com a incorporação de 10% (dez por cento) para absorção de pequenas variações operacionais.

### **Poço de sucção**

Para a determinação do volume mínimo do poço de sucção em uma estação elevatória de esgoto, deve-se levar em consideração, como sendo a condição mais crítica de funcionamento, a hipótese de ocorrência de partidas sucessivas do conjunto motorbomba em um curto intervalo de tempo.

O intervalo entre duas partidas deve estar compreendido entre 15 a 30 minutos. O limite de 15 minutos está associado ao número máximo de partidas que se admite quatro partidas por hora, ao passo que a tolerância de 30 minutos está associado ao tempo máximo de permanência dos esgotos, pois ao exceder este tempo, os esgotos começam a desenvolver processos sépticos responsáveis pela exalação de maus odores.

Será considerada a situação de duas bombas operando alternadamente, de forma esquemática de níveis operacionais de acionamento e desligamento automático. Quando o nível de água atingir o nível máximo a bomba é ligada. Com a bomba em operação o NA desce até atingir o nível mínimo, desligando a bomba e encerrando o ciclo de funcionamento.

Para dimensionamento do poço de sucção foram considerados seguintes critérios:

- Número máximo de partidas por hora 4,00 por hora
- Número de bombas 01 + 01 (reserva)
- Vazão da bomba 4,29 L/s (acrescida de 10%)
- Percentual da  $Q_{min}$ - $Q_{máx}$  da bomba 100%
- Vazão da bomba com rotação mínima 4,29 L/s

Dimensionamento

Volume útil necessário para partida de uma bomba ( $V1 = 900 \times Q_{b1} / N_h$ ):  $V1$  ( $m^3$ ) = 0,96  
 Volume útil necessário para partida de uma bomba com velocidade variável

$$VV (m^3) = 19,39$$

Dimensões adotadas

Altura útil ( $H_u$ ) - 1,5 m

Diâmetro poço sucção - 1,5 m

Volume adotado útil ( $V_a$ ) - 2,65  $m^3$

Verificação do tempo de detenção para vazão mínima ( $T_d$ ):

O tempo de detenção será calculado com base na seguinte equação:

$$T_d = V_a / Q$$

Considerando a vazão mínima:

$$T_{di} (\text{min}) = 24,81 \text{ min} \leq 30 \text{ minutos} - (\text{ok})$$

Considerando a vazão máxima:

$$T_{df} (\text{min}) = 11,32 \text{ min}$$

Atende as recomendações das normas brasileiras (NBR 12208) para um tempo de detenção menor que 30 minutos, para caso mais crítico  $Q_{m\acute{a}x}$ .

Verificação do ciclo de funcionamento da bomba:Para vazão mínima:

Tempo de enchimento

$$(T_e = V_a / Q_{\text{min}}) - 24,81 \leq 30 \text{ min. (ok)}$$

Tempo de funcionamento da bomba

$$(T_f = V_a / (Q_{bm} - Q_{mi})) - 17,59 \text{ min}$$

Tempo de ciclo

$$(T_{cv} = T_e + T_f) - 42,40 \geq 15 \text{ min. (ok)}$$

Número de partidas por hora

$$(P = 60 / T_{cv}) - 1,41$$

Para vazão média:

Tempo de enchimento

 $(T_e = V_a / Q_{med.}) - 15,38 \leq 30 \text{ min. (ok)}$ 

Tempo de funcionamento da bomba

 $(T_f = V_a / (Q_{bm} - Q_{med.})) - 31,10 \text{ min}$ 

Tempo de ciclo

 $(T_{cv} = T_e + T_f) - 46,48 \geq 15 \text{ min. (ok)}$ 

Número de partidas por hora

 $(P = 60 / T_{cv}) - 1,29$ Para vazão máxima:

Tempo de enchimento

 $(T_e = V_a / Q_{max.}) - 11,32 \leq 30 \text{ min. (ok)}$ 

Tempo de funcionamento da bomba

 $(T_f = V_a / (Q_{bm} - Q_{max.})) - 113,24 \text{ min}$ 

Tempo de ciclo

 $(T_{cv} = T_e + T_f) - 124,56 \geq 15 \text{ min. (ok)}$ 

Número de partidas por hora 0,48

**Tabela 7:** Parâmetros para dimensionamento da calha Parshall.

COTAS ( m )		NÍVEIS	Ø mm
A	0	Terreno	150
B	-1,79	Chegada	
C	-2,16	N. maximo	
D	-4,41	N.A. mínimo	
E	-5,42	Fundo	

Fonte: Próprio autor, 2023.

**Tubulação de Recalque**

O diâmetro foi selecionado utilizando a fórmula de Bresse:

$$D = Kx\sqrt{Q}$$

Onde: K: coeficiente adotado - Adotado: 1,0

Q- vazão máxima (m<sup>3</sup>/s)

Velocidade na tubulação será calculada:

$$V = Q / \pi (D^2/4)$$

**Tabela 8:** Tubulação de recalque.

Calculado		Adotado(Di)	(m/s)	
Barrilete/Saida Bomba	64,8	71,5	1,05 m/s	PVC Azul Irriga
Linha Recalque	64,8	71,5	1,05 m/s	PVC Azul Irriga

Fonte: Próprio autor, 2023.

**Tabela 9:** Perda de carga localizada no barrilete.

PEÇAS	Quantidade	K	Di (mm)	D N	$\frac{v^2}{2g}$	HfL (m)
Junta	4	0,8	71,5	75	0,05619	0,1798
Curva 90°	6	0,8	71,5	75	0,05619	0,2697
Válvula Retenção Portinhola única	1	2,5	71,5	75	0,05619	0,14047
Registro de Gaveta	1	0,2	71,5	75	0,05619	0,0112
Tê saída lateral	1	2,0	71,5	75	0,05619	0,11238
Saída de conduto	1	1,0	71,5	75	0,05619	0,05619
Curva 45°	1	0,2	71,5	75	0,05619	0,0112
Ampliação/Redução	1	0,3	71,5	75	0,05619	0,0168
ΣK=			14,2	ΣHfL (m)=		0,08

Fonte: Próprio autor, 2023.

**Tabela 10:** Perda de carga distribuída.

Q (L/s)	L(m)	Di(mm)	V(m/s)	k(mm)	k/D
4,20	15	71,5	1,05	0,007	0,000105
V(mm <sup>2</sup> /s)	Reynolds	F	V <sup>2</sup> 2g	J(m/km)	HfD (m)
1,02	74900	0,0196	0,05619	16	0,24

Fonte: Próprio autor, 2023.

**Tabela 11:** Alturas do sistema.

Cota de Lançamento:	243,15 m
Nível chegada efluente	233,85 m
Nível solo	237,55 m
NA Máx.:	233,73 m
Na Min	232,24 m
Hg máx.:	10,91 m
Hg min.:	9,42 m
Vazão de projeto	4,20 L/s
AMT máx.	11,95 m

Fonte: Próprio autor, 2023.

### 5.5.3 Dimensionamentos dos equipamentos da ETE

#### 5.5.3.1.1. Reator aeróbio

$$Q_{MD} = 247.968 \text{ L/dia} = 10,332 \text{ m}^3/\text{h} = 10.332 \text{ L/h} = 2,87 \text{ L/s}$$

$$Q_{MAX.} = 336.960,00 \text{ L/dia} = 14,04 \text{ m}^3/\text{h} = 14.040,00 \text{ L/h} = 3,9 \text{ L/s}$$

**Tabela 12:** Características do efluente

DBO	<b><u>385.01 mg/L</u></b>
DQO	<b><u>770.02 mg/L</u></b>
SS	<b><u>408.09 mg/L</u></b>
NTK	<b><u>54.41 mg/L</u></b>
Temperatura do líquido	- Média do mês mais frio = <b><u>19.8°C</u></b> - Média do mês mais quente = <b><u>27.7 °C</u></b>
Altitude -	293 m

Características	desejadas	DBO -5 mg/L	SS- 30 mg/L
-----------------	-----------	-------------	-------------

Fonte: Próprio autor, 2023.

Reator totalmente aeróbio (sem zonas anóxicas ou anaeróbias)  $\Theta_c = 25$  dias  
SSVTA = 3.500 mg/L R = 1 (100% razão de recirculação)

### Sistema de aeração –

$$OD_{\min} (Q_{\max}) - CL = 1,0 \text{ mg/L}$$

$$OD_{\text{méd.}} (Q_{\text{méd.}}) - CL = 2,0 \text{ mg/L}$$

Aeração mecânica (baixa rotação) – 1,0 kgO<sub>2</sub>/kWh

#### 5.5.3.1.2 Decantador secundário

Fluxo limite – coeficiente de sedimentabilidade média

$V_o = 7,40 \text{ m/h}$ $K = 0,53 \text{ m}^3/\text{kg}$ $m = 7,34$ $n = 0,71$
--

### Cálculo da DBO solúvel do efluente final

- Concentração de SS efluente  $X_{\text{efl}} = 30 \text{ mg/L}$
- Concentração de SSV efluente:

$$X_{V\text{efl}} = (\text{Relação SSV/SS após 22 dias}) \times X_{\text{efl}} = 0,69 \times 30 = \underline{20,7 \text{ mgSSV/L}}$$

- Correção de  $K_d$  para temperatura do mês mais frio (19,8°C) –  $K_d = 0,08 \text{ d}^{-1}$
- Coeficiente  $f_b = \frac{K_d}{K_d + \theta^{-1}} = 0,57 \text{ mgSS}_b/\text{SSV}$

$$1 + (1 - f_b) \times K_d \times \theta$$

$$1 + (1 - f_b) \times K_d \times \theta$$

- Concentração de sólidos biodegradáveis no efluente:

$$X_{b\text{efl}} = f_b \times X_{V\text{efl}} = \underline{11,799 \text{ mgSS}_b/\text{L}}$$

- DBO<sub>5</sub> em suspensão do efluente:

$$DBO_{5susp} = \frac{1,42 \times 11,799 \text{ mg/L}}{1,46} = 11,47 \text{ mg/L}$$

- DBO solúvel máxima a ser obtida:

$$DBO_{5sol} = 20 - 11,47 = \underline{8,53 \text{ mg/L}}$$

### **Eficiência do sistema, remoção de DBO**

$$E = (DBO_{\text{afluente}} - DBO_{\text{Sol efl.}}) \times 100 / DBO_{\text{afluente}} = 93,87\%$$

### **Carga de DBO Removida na etapa biológica**

$$Sr = Q_{\text{méd}} \times (DBO_{\text{tot aflu}} - DBO_{\text{Sol efl}}) = \underline{79,04 \text{ kgDBO}_5/\text{dia}}$$

### **Distribuição dos sólidos no tratamento**

a) Sólidos afluentes ao reator

$$P_x = 85,67 \text{ kgSS/d}$$

Sólidos em suspensão voláteis:

$$P_{xv} = (\text{relação SSV/SS no esgoto bruto}) \cdot P_x$$

$$P_{xv} = 0,8 \times 85,67 = 68,54 \text{ kgSSV/d}$$

Sólidos em suspensão voláteis biodegradáveis

$$P_{xb} = (\text{relação SSB/SSV no esgoto bruto}) \cdot P_{xv}$$

$$P_{xb} = 0,6 \times 68,54 = 41,13 \text{ kgSS}_b/\text{d}$$

Sólidos em suspensão voláteis não biodegradáveis:

$$P_{xnb} = P_{xv} - P_{xb}$$

$$P_{xnb} = P_{xv} - P_{xb} = 27,41 \text{ kgSS}_i/\text{d}$$

Sólidos em suspensão inorgânicos (não voláteis)

$$P_{xi} = P_x - P_{xv} = 17,13 \text{ kgSS}_{nb}/\text{d}$$

## b) Sólidos biológicos formados no reator

Sólidos em suspensão voláteis formados

$$P_{xv} \text{ formados} = Y \cdot S_r = 0,6 \times 79,04 = 47,4 \text{ kgSSV/dia}$$

Sólidos em suspensão totais formados

$P_x \text{ formados} = P_{xv} \text{ formados} / (\text{relação SSV/SS na geração dos sólidos})$

$$P_x \text{ formados} = 47,4 / 0,9 = 52,69 \text{ kgSS/dia}$$

Sólidos em suspensão inorgânicos formados

$$\begin{aligned} P_{xi} \text{ formados} &= P_x \text{ formados} - P_{xv} \text{ formados} = 52,69 - 47,4 \\ &= 5,29 \text{ kgSS}_i/\text{dia} \end{aligned}$$

Sólidos em suspensão biodegradáveis formados

$$P_{xb} \text{ formados} = f_b \cdot P_{xv} \text{ formados} = 0,57 \times 47,4 = 27,02 \text{ kgSS}_b/\text{d.}$$

Sólidos em suspensão não biodegradáveis formados

$$\begin{aligned} P_{xnb} \text{ formados} &= P_x \text{ formados} - P_{xb} \text{ formados} = 52,69 - 27,02 = 25,67 \\ &\text{kgSS}_{nb}/\text{d.} \end{aligned}$$

Sólidos em suspensão biodegradáveis destruídos na respiração endógena

$$P_{xb} \text{ destruídos} = P_{xb} \text{ formados} \cdot (K_d \cdot \theta_c) / (1 + f_b \cdot K_d \cdot \theta_c)$$

$$P_{xb} \text{ destruídos} = 27,02 \times (0,08 \times 25) / (1 + 0,57 \times 0,08 \times 25) = 19,44 \text{ kgSS}_b/\text{d}$$

Sólidos em suspensão biodegradáveis remanescentes (produção líquida)

$$P_{xb} \text{ líquida} = P_{xb} \text{ formados} - P_{xb} \text{ destruídos}$$

$$P_{xb} \text{ líquida} = 27,02 - 19,44 = 7,58 \text{ kgSS}_b/\text{d.}$$

Sólidos em suspensão voláteis remanescentes (produção líquida)

$$P_{xv} \text{ líquida} = P_{xb} \text{ líquida} + P_{xnb} \text{ formados}$$

$$P_{xv} \text{ líquida} = 7,58 + 20,38 = 27,96 \text{ kgSSV/d.}$$

## c) Resumo do reator

Sólidos em suspensão inorgânicos ( $P_{xi}$ )

$$(P_{xi}) = 17,13 + 5,29 = 22,42 \text{ kgSS}_i/\text{d}$$

Sólidos em suspensão não biodegradáveis ( $P_{xnb}$ )

$$(P_{xnb}) = 27,41 + 27,96 = 55,37 \text{ kgSS}_{nb}/\text{d}.$$

Sólidos em suspensão biodegradáveis ( $P_{xb}$ )

$$(P_{xb}) = 27,41 \text{ kgSS}_b/\text{d}.$$

Sólidos em suspensão voláteis –

$$P_{xv} = P_{xnb} + P_{xb} = 55,37 + 27,41 = 82,78 \text{ kgSS}_v/\text{d}.$$

Sólidos em suspensão totais –

$$P_x = P_{xv} + P_{xi} = 82,78 + 22,42$$

$$P_x = 105,2 \text{ kgSS}/\text{d}.$$

Volume do reator

$$V = F \cdot \theta_c \cdot S_r / K_v \cdot (1 + f_b \cdot K_d \cdot \theta_c)$$

$$V = 0,6 \times 25 \times 40 \times 1000 / 3600 \times (1 + 0,57 \times 0,08 \times 25) = 77,88 \text{ m}^3$$

Número de reatores adotados 02 Volume de cada reator – 40.000 L

Tempo de detenção hidráulica =  $80.000 / 10.332 = 7,74 \text{ h}$

d) Remoção de lodo excedente

$$SS \text{ saindo com o efluente final} = Q \cdot SS \text{ efluente} / 1000$$

$$SS \text{ saindo com o efluente final} = 209.952 \times 30 = 6,3 \text{ kgSS}/\text{d}$$

$$SS \text{ a ser removido do sistema} = SS \text{ total} - SS \text{ efluente} = 85,67 - 6,3 = 79,4 \text{ kgSS}/\text{d}$$

- Opção de remoção da linha de recirculação de lodo

Concentração:

$$SSTA = SSVTA / (SS7/ss)$$

$$SSTA = 3600/0,92 = 3.913,04 \text{ mg/L}$$

Concentração:

$$SSLR = SSTA \cdot (1 + (1/R))$$

$$SSLR = 3.913,04 \text{ mg/L} \times (1 + 1/1) = 7.826,08 \text{ mg/L}$$

Volume a ser removido por dia ( $O_{ex}$ ):

$$O_{ex} = \text{carga} / \text{concentração} =$$

$$O_{ex} = 794 / 7826,08 = \mathbf{10,14 \text{ m}^3}$$

## e) Requisitos de Oxigênio

### 1) Requisitos de $O_2$ no campo

$$a' = \frac{DBO_u}{K_b} - \left( \frac{DBO_u}{K_b} \right) \cdot Y = 0,608 \text{ kgO}_2/\text{kgDBO}_5 \text{ DBO}_5 \text{ Kb}$$

$$b' = \frac{DBO_u}{K_b} \cdot f_b \cdot K_d = 1,42 \times 0,57 \times 0,08 = 0,065 \text{ kgO}_2/\text{kgSSV}$$

*Demanda para respiração endógena =*

$$b' \cdot X_v \cdot V = 0,065 \times 3600 \times 80/1000 = 18,72 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

*Demanda para nitrificação = 44,61 kgO<sub>2</sub>/d*

$$RO_{méd}: \text{Demanda Total (para } Q_{méd}) = 48,05 + 18,72 + 44,61$$

$$RO_{méd} = 111,38 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

*Demanda total (para } Q\_{máx}):*

$$TTO_{campo} = (Q_{max}/Q_{med}) \cdot RO_{méd}$$

$$TTO_{campo} = 1,35 \times 111,38 = 150,36 \text{ kgO}_2/\text{d}$$

*DBO carbonácea/ DBO afluente reator =*

$$= 48,05 + 18,72 / 80,83 = 0,82 \text{ kgO}_2/\text{kgDBO}_{5\text{aflu.}}$$

### 2) Nitrificação

$$\text{Fração de amônia no lodo excedente} = 0,1 \text{ kgNTK/kgSSV}$$

$$\text{Carga de NTK afluente ao reator} = 11,42 \text{ kgNTK/d}$$

*Carga de NTK no lodo excedente = 0,1 . P<sub>xv</sub> líquida = 0,1 x 27,96 = 2,8 kgNTK/d*

*Carga NTK a ser oxidada = Carga NTK afluyente - Carga NTK lodo excedente =*

$$11,42 - 2,8 = 8,62 \text{ kgNTK/d}$$

*Demanda O<sub>2</sub> para nitrificação =*

*4,57 kCoef. esteq. de demanda de O<sub>2</sub> para nitrificação x Carga NTK a ser oxidada = 39,4 kgO<sub>2</sub>/d*

**a) Aeração mecânica**

Potência de oxigenação – Aeração mecânica (baixa rotação) – 1,0 kgO<sub>2</sub>/kWh

Considerando que a necessidade de oxigênio seja se 2,0 kgO<sub>2</sub>/ kgDBO, tem-se que:

- NEC = 2 x 80,83 = 161,66 kgO<sub>2</sub>/dia = 6,73 kgO<sub>2</sub>/h serão adotados dois aeradores mecânicos sendo assim cada aerador deverá fornecer 3,36 kgO<sub>2</sub>/h.
- Considerando a capacidade de transferência de oxigênio 0,9 kgO<sub>2</sub>/cv.h tem-se a potência requerida (P<sub>nec</sub>).

$$P_{nec.} = (3,36 / 0,9) = \underline{3,74 \text{ cv}}$$

• **DECANTADOR SECUNDÁRIO:**

**b) Área requerida para a decantação secundária**

1) Dados de entrada

$$Q = 2,43 \text{ L/s} = 8,748 \text{ m}^3/\text{h} = 209,952 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 3,82 \text{ L/s} = 13,752 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_r = 209,952 \text{ m}^3/\text{dia} = 8,748 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$SSTA = 3.913,04 \text{ mg/L} = 3,913 \text{ kg/m}^3$$

2) Área requerida com base na teoria simplificada do fluxo limite

$$V_o = 7,40 \text{ m/h}$$

$$K = 0,53 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$m = 7,34$$

$$n = 0,71$$

Q/A para o critério de clarificação:

$$Q/A = V_o \cdot e^{-K \cdot C} = 7,4 \cdot e^{-0,59 \times 3,804}$$

$$Q/A = 7,34 \times [1,0 \times 7,4 \cdot e^{-0,59 \times 3,913}] / (1+1) \times 3,913 = 0,10 \text{ m/h}$$

i) Alternativa: decantadores secundários circulares

1) Diâmetro – 3,20 m

*Número de decantadores a serem adotados = 1 unidade*

2) Taxas de aplicação resultantes

Taxa de aplicação superficial resultante com  $Q_{\text{méd}}$

$$TAH = Q/A$$

$$TAH = 209,952 / 8,04 = 26 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$$

3) Tempo de detenção hidráulica

Para vazão Média:

$$t = v / (Q + Q_r) = 2 \text{ horas}$$

Para vazão Máxima:

$$t = v / (Q + Q_r) = 1,5 \text{ horas} = 1 \text{ hora } 30 \text{ minutos.}$$

### 5.5.3.2. Desidratação do lodo

Pensando no tratamento de grande quantidade de lodo gerado no sistema, serão considerados geobags reutilizável para desidratação e posterior destinação

correta dos subprodutos da ETE.

Os bags contarão com um cone na parte inferior do mesmo tecido e ficará preso por uma amarra. Assim que se desejar fazer o descarte o bag é içado e a amarra solta. Dessa forma o lodo seco será destinado a aterro ou compostagem, o percolado voltará ao sistema de tratamento, sendo encaminhado até a elevatória através das valetas e tubulações.

#### 5.5.3.3. Caixa cloradora

Volume da Caixa

$$QMD = 247.968,00L/dia = 10,332 \text{ m}^3/h = 10.332,00 \text{ L/h} = 2,87 \text{ L/s}$$

TDH=15-30min.

TDH Adotado= 15min = 0,25h

$$Q \text{ MD} \times \text{TDH} = 10,332 \text{ m}^3/h \times 0,25 \text{ h} = 2,583 \text{ L.}$$

Será adotado uma Cx. cloradora de 3.000 L, com sistemas de chicanas para mistura.

Será adotado cloro em pastilhas dispostos em bolsões.

**Tabela 13:** Dosagem de cloro para diferentes tipos de efluentes.

DOSAGEM DE CLORO PARA DIFERENTES TIPOS DE EFLUENTES	
Tipo de esgoto doméstico	Dosagem (mg/L)
Esgoto bruto	6 a 12
Esgoto bruto séptico	12 a 25
Efluente decantado	5 a 10
Efluente de precipitação química	3 a 10
Efluente de filtração biológica	3 a 10
Efluente do processo de lodos ativados	2 a 8

Fonte: Metcalf & Eddy, 2017.

Quantidade de cloro por dia, considerando Hipoclorito de Sódio a 10 a 12% de cloro ativo, adotou se 5 mg/l sendo que para efluentes de lodo ativado a quantidade varia de 2 a 8 mg/l.

$$100 \times \text{Dosagem} / 100 - \% \text{impurezas} =$$

$$= (100 \times 5 \text{ mg/l} \times 209.952 \text{ L/d}) / (100 - 12) = 1,19 \text{ kg/ dia}$$

## 6. CONCLUSÃO

Buscando responder o questionamento sobre a viabilidade da construção de uma ETE no bairro Morada do Parque, foi desenvolvido este projeto, na modalidade de lodos ativados, com aeração prolongada e fluxo intermitente. A escolha do método deu frente a boa pontuação na sua comparação com o sistema de lagoas e com a filtração biológica, além de suas vantagens construtivas e operacionais.

O resultado alcançado no tratamento com reator anaeróbio aerado de fluxo ascendente, com sistema de lodo ativado, foi satisfatório. Mesmo reduzindo 90 a 99% dos coliformes não atingiu o padrão de balneabilidade do efluente, sendo necessário a desinfecção por hipoclorito de sódio.

Recomenda-se que para obter uma redução ACIMA DE 90% a ETE deverá ser operada de modo adequado, ou seja, segundo os parâmetros especificados no projeto, por empresa ou profissional devidamente habilitado e capacitado.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9649: sistemas de esgoto sanitário: projetos e obras**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12209: sistemas de esgoto sanitário: gradeamento de esgoto sanitário bruto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12216: Água residuária - Determinação de cloro residual livre**. Rio de Janeiro, 1994
- BRASIL. Lei nº 10.26/2020. **Dispõe sobre o Sistema Único de Saúde e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 20 de maio de 2020.
- BRASIL. **SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento - Esgotamento Sanitário**. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel/es>. Acesso em: 05 Ago. 2023.
- CHEREM, L. R. R., & VON SPERLING, M. (2019). **Fundamentos do Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte, Editora UFMG. 2019.
- COSTA, Danilo Reis Valois. **Avaliação De Custos De Implantação De Sistemas De Esgotamento Sanitário Em Comunidades De Pequeno Porte**. Feira de Santana, p. 1–76, 2010.
- FOLHA DE SÃO PAULO. **Entenda o marco do saneamento, que entrou na mira do novo governo Lula**. São Paulo: Grupo Folha, 2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2022/12/entenda-o-marco-do-saneamento-que-entrou-na-mira-do-novo-governo-lula.shtml>. Acesso em: 25 agosto. 2023.
- JORDÃO, E.P.; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**, 6. Edição, Rio de Janeiro: ABES, 2011;
- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. **Banco de dados e informações Ambientais - BDIA: geomorfologia, pedologia, vegetação e uso**. Rio de Janeiro: IBGE. 2023. Disponível em: <https://bdiaweb.ibge.gov.br/>Acesso em: 07 de setembro de 2023.
- NUVOLARI, ARIIVALDO. **Esgoto sanitário - coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. 2º edição. EDGARD BLUCHER. São Paulo, 2011.
- METCALF, L.; EDDY, H. P. **Tratamento de efluentes e recuperação de recursos**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.
- MORAES, J. C. et al. **Estratégias para a remoção de nutrientes em sistemas de lodos ativados com aeração prolongada**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, n. 4, p. 417-427, 2018.
- MOTA, F. (2019). **Investimento em serviços de água e esgoto no Brasil**. Folha de São Paulo. 2019. Disponível em: <https://ppl-ai-file->

upload.s3.amazonaws.com/web/direct-files/15270956/be4f97e5-33c6-4ea2-a6ca-a4bbe8bae25f/paste.txt. Acesso em: 02 de agosto de 2023.

OLIVEIRA, Fernão Justen de. **Gestão associada e prestação de serviço regionalizada na nova Lei Nacional de Saneamento Básico**. Informativo da Justen, Pereira, Oliveira e Talami. Curitiba. 2020. Disponível em: [www.justen.com.br](http://www.justen.com.br). Acesso em 03 de março de 2023.

RIBEIRO, A. T., & RAMOS, M. S. **Introdução ao Saneamento Básico**. Editora Appris. 2014.

ROCHA, L. R. et al. **Tratamento terciário de esgoto: uma revisão**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 1-14, 2020.

SANCHES, S., & VON SPERLING, M. **Energia no Tratamento de Esgotos**. Editora UFMG. 2020.

SIM/DATASUS. **Mortalidade**. 2021. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/itapetinga-ba/#Interna%C3%A7%C3%B5es-hospitalares-causadas-por-doen%C3%A7as-relacionadas-ao-saneamento-inadequado>. Acesso em: 25 agosto. 2023

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, Editora UFMG, v.2, 5 ed. 2016.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, UFMG. v.2, 2 ed. 2016.

VON SPERLING, M. **Lagoas de estabilização. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte, Editora UFMG, v. 3, 3 ed., 2017.