

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG  
ENGENHARIA CIVIL**

**KAIO HENRIQUE CRIZOSTOMO**

**PROPOSTA DE CENTRO DE TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO ELIMINAR  
A UTILIZAÇÃO DE FOSSAS SÉPTICAS NO BAIRRO PARQUE DAS ÁGUAS EM  
GUAPÉ-MG**

**Varginha/MG  
2024**

**KAIO HENRIQUE CRIZOSTOMO**

**PROPOSTA DE CENTRO DE TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO ELIMINAR  
A UTILIZAÇÃO DE FOSSAS SÉPTICAS NO BAIRRO PARQUE DAS ÁGUAS EM  
GUAPÉ-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, sob orientação da Professora Me. Luana Ferreira Mendes.

**Varginha/MG  
2024**

**KAIO HENRIQUE CRIZOSTOMO**

**PROPOSTA DE CENTRO DE TRATAMENTO DE ESGOTO VISANDO ELIMINAR  
A UTILIZAÇÃO DE FOSSAS SÉPTICAS NO BAIRRO PARQUE DAS ÁGUAS EM  
GUAPÉ-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharelado, sob orientação da Professora Me. Luana Ferreira Mendes.

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

**Profa. Me. Luana Ferreira Mendes (Orientadora)**

---

**Componente da banca examinadora I**

---

**Componente da banca examinadora II**

## AGRADECIMENTOS E DEDICAÇÕES

Agradeço primeiramente a Deus por ter atendido todas as minhas preces e orações e por ter me protegido nas estradas durante meus deslocamentos contínuos que se são necessários para que eu atinja meu sonho.

Agradeço também a minha família que em momento algum deixou de me apoiar especialmente ao meu pai que custeou todo o meu curso e que nunca precisou me perguntar como eu estava indo porque sabe da minha força de vontade e da minha competência.

Agradeço também aos amigos que o curso trouxe para minha vida pessoas que jamais conheceria de outra forma e aos professores que tiveram paciência em nos ensinar durante esses anos e que nos apoiam nessa nova fase das nossas vidas.

Agradeço especialmente à minha orientadora Luana com quem divido o presente trabalho sem ela as minhas ideias não poderiam ser concebidas, agradeço pelas dúvidas que foram sanadas e pela atenção que me foi dada durante a concepção desse trabalho.

Dedico esse trabalho aos meus pais, Joselma e Ronaldo para minha avó Antônia, para meus melhores amigos Jean e Erik que são meus irmãos dados pela vida e que compartilham as minhas conquistas, dedico para toda a minha família que já estão cansados de ouvirem sobre engenharia civil especialmente ao meu Tio Flavio que ligo sempre que tenho dúvidas.

Dedico especialmente a minha namorada ARIANE que é paciente comigo, que sempre me apoiou que sempre me incentivou e me motivou a ser um aluno melhor, um profissional melhor, um namorado melhor e uma pessoa melhor, ela sempre se mostrou feliz pelas minhas conquistas e sempre fez questão de dizer que são as nossas conquistas e não só as minhas, tenho também que agradecer ao curso por ter gerado assuntos interessantes com quais pude conversar com ela para me aproximar e que resultou em um grande sentimento que se tornou completo e que se consolida cada vez mais. Aguardo ansiosamente para que possa se tornar verdade a forma como me apresentou a família. *“Esse é o Kaio o Engenheiro que falei pra vcs”*.

"Sucesso significa realizar seus próprios sonhos, cantar sua própria canção, dançar sua própria dança, criar do seu coração e apreciar a jornada, confiando que não importa o que aconteça, tudo ficará bem. Criar sua própria aventura!"

*Elana Lindquist.*

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta detalhada para a criação de um sistema centralizado de tratamento de esgoto, visando eliminar a utilização de fossas sépticas no bairro "Parque das Águas", localizado em Guapé, Minas Gerais. Atualmente, a região enfrenta desafios ambientais e de saúde pública, especialmente devido ao descarte inadequado de esgoto doméstico, que contamina o solo e os recursos hídricos locais. Além de comprometer o meio ambiente, essa prática prejudica o turismo uma das principais atividades econômicas da região devido ao mau cheiro e à poluição visual. Para reverter esse cenário, foi realizada uma análise extensiva, considerando os parâmetros e normas técnicas para dimensionamento de estações de tratamento de esgoto.

A metodologia adotada envolveu pesquisas bibliográficas e documentais, além de levantamento de dados in loco para compreender as características do esgoto gerado e a topografia local, que influencia diretamente no fluxo do esgoto. A partir desses dados, foram elaborados croquis e esboços técnicos que evidenciam as deficiências na coleta e tratamento de esgoto do bairro. Como solução, o estudo propõe a instalação de um reator UASB (reator anaeróbio de manta de lodo) seguido por um filtro anaeróbio, sistemas reconhecidos por sua eficiência na remoção de matéria orgânica e baixo custo de operação e manutenção. O sistema proposto visa não apenas atender à demanda atual, mas também ser escalável para futuras expansões, promovendo um ambiente mais saudável e sustentável para a comunidade local.

**Palavras-chave:** Saneamento. Esgoto sanitário. Estação de tratamento de esgoto.

## ABSTRACT

*This work presents a detailed proposal for the creation of a centralized sewage treatment system aimed at eliminating the use of septic tanks in the "Parque das Águas" neighborhood, located in Guapé, Minas Gerais. Currently, the region faces environmental and public health challenges, especially due to the improper disposal of domestic sewage, which contaminates local soil and water resources. Besides harming the environment, this practice negatively impacts tourism one of the region's main economic activities due to unpleasant odors and visual pollution. To address this situation, an extensive analysis was conducted, taking into account parameters and technical standards for the sizing of sewage treatment plants.*

*The methodology involved bibliographic and documentary research, along with on-site data collection to understand the characteristics of the sewage generated and the local topography, which directly affects sewage flow. Based on this data, technical sketches and drafts were created to highlight the deficiencies in sewage collection and treatment in the neighborhood. As a solution, the study proposes installing a UASB reactor (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) followed by an anaerobic filter, systems recognized for their efficiency in removing organic matter and low operational and maintenance costs. The proposed system aims not only to meet current demand but also to be scalable for future expansions, promoting a healthier and more sustainable environment for the local community.*

*Keywords: Sanitation. Sanitary sewage. Sewage treatment station.*

### LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Funcionamento de um Tanque Séptico .....	23
Figura 2 – Filtro Anaeróbio .....	23
Figura 3 – Exemplificação de Reator UASB .....	24
Figura 4 – Associação de Sistemas Aneróbios com Aeróbios .....	25
Figura 5 – Lagoa Anaeróbia .....	27
Figura 6 – Lagoa Facultativa .....	28
Figura 7 – Lagoa de Maturação .....	29
Figura 8 – Lagoa Aerada .....	30
Figura 9 – Mapa Delimitando o Bairro de Estudo.....	32
Figura 10 – Perfil de Elvação do Bairro .....	33
Figura 11 – Fluxograma típico do tratamento preliminar.....	38
Figura 12 – Trechos do loteamento .....	59
Figura 13 – Reator UASB Comercial.....	63
Figura 14 – Área de implantação.....	74



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contribuição diária de despejos por padrão de residência.....	20
Tabela 2 – Partes constituintes de um sistema de esgoto .....	21,22
Tabela 3 – Características de reatores anaeróbios .....	25
Tabela 4 – Características da lagoa anaeróbia.....	27
Tabela 5 – Características da lagoa facultativa .....	28
Tabela 6 – Contribuição diária de efluente(q) por unidade .....	36
Tabela 7 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.....	37
Tabela 8 – Taxa de acumulação total de lodo (k).....	37
Tabela 9 – Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil .....	37
Tabela 10 – Medidores Parshall .....	46
Tabela 12 – Dados iniciais .....	59
Tabela 13 – Trechos do loteamento.....	60
Tabela 14 – Fatores de importância a serem considerados .....	61,62
Tabela 15 – Dimensões e capacidade de vazão reator UASB.....	70
Tabela 16 – Composição de preços para demolição e recapeamento de asfalto .....	72
Tabela 17 – Custo total da implantação .....	73
Tabela 18 – Dimensionamento do reator(UASB) pela planilha.....	75

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Vazão de sistema .....	33
Equação 2 – Velocidade.....	34
Equação 3 - Inclinação .....	34
Equação 4 – Velocidade crítica .....	34
Equação 5 - Diâmetro .....	35
Equação 6 – Volume do tanque. ....	35
Equação 7 – Altura do canal.....	39
Equação 8 – coeficiente de relação.....	39
Equação 9 Declividade mínima .....	40
Equação 10 – Vazão resultante .....	40
Equação 11 – Velocidade mínima .....	41
Equação 12 – Perda de Carga .....	42
Equação 13 – Área útil .....	42
Equação 14 – Eficiência da grade.....	43
Equação 15 – Área da seção do canal.....	44
Equação 16 – Largura do canal .....	44
Equação 17 – Altura do degrau X.....	45
Equação 18 – Vazão máxima de projeto .....	46
Equação 19 – Vazão mínima de projeto .....	46
Equação 20 – Altura do degrau Z.....	47
Equação 21 – Altura máxima da lâmina d’água.....	47
Equação 22 – Altura mínima da lâmina d’água .....	47
Equação 23 – Base do canal.....	48
Equação 24 – Área da caixa de areia .....	48
Equação 25 – Comprimento da caixa de areia.....	49
Equação 26 – Volume de material retido .....	49
Equação 27 – Profundidade do deposito de areia.....	50
Equação 28– Consumo diário .....	50
Equação 29 – Volume total do reator.....	51
Equação 30 – Carga hidráulica volumétrica .....	51

Equação 31 – Carga orgânica volumétrica.....52

Equação 32 – Tempo de detenção hidráulico .....53

Equação 33 – Altura.....53

Equação 34 – Área útil do reator.....53

Equação 35 – Diâmetro do reator .....53

Equação 36 – Número de dutos.....54

Equação 37 – Estimativa de EDQO.....54

Equação 38– Eficiência em remoção de DBO .....55

Equação 39 – Taxa de concentração .....55

Equação 40 – Carga hidráulica volumétrica .....55

Equação 41 – Estimativa de custo de implantação.....56

Equação 42 – Estimativa de custo de operação .....57

## **LISTA DE ABREVIACOES**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas;

CHV – Carga Hidráulica Volumétrica

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais;

COV – Carga Orgânica Volumétrica;

DBO – Demanda Bioquímica de Oxignio;

DQO – Demanda Química de Oxignio;

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto;

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

NBR – Norma Brasileira;

SAAE – Serviço Autnomo de água e Esgoto;

UTE – Unidade de Tratamento de Esgoto.

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Objetivo geral.....</b>	<b>18</b>
<b>2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>18</b>
<b>3.REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1 Sistema de Esgoto Sanitário Residencial .....</b>	<b>19</b>
<b>3.2 Caracterização do Corpo receptor.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 Critérios e parâmetros .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4 Rede Coletora de Esgoto Sanitário.....</b>	<b>20</b>
<b>3.4.1 Sistemas de Esgotamento Sanitário.....</b>	<b>21</b>
<b>3.4.2 Partes Constituintes de um Sistema de Esgoto.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5 Sistemas de Tratamento.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5.1 Tanque Séptico.....</b>	<b>22</b>
<b>3.5.2 Filtro Anaeróbio.....</b>	<b>23</b>
<b>3.5.3 Reator UASB (reator anaeróbio de manta de lodo).....</b>	<b>24</b>
<b>3.5.4 Lagoas de estabilização.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.4.1 Lagoas Anaeróbias.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.4.2 Lagoas Facultativas.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5.4.3 Lagoa de Maturação.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.4.4 Lagoas Aeróbias ou de Alta Taxa.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.4.5 Reatores Aeróbios com filtro biológico e Biofilme.....</b>	<b>30</b>
<b>3.5.4.6 Lodos Ativados.....</b>	<b>31</b>
<b>4.METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
<b>4.1Caracterização do Bairro Parque das Águas.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2 Dimensionamento da Rede de Esgoto.....</b>	<b>33</b>
<b>4.3 Dimensionamento do sistema.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.1 Filtro Biológico.....</b>	<b>35</b>
<b>4.3.2 Cálculos para dimensionamento preliminar.....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.2.1 Dimensionamento do canal da grade .....</b>	<b>38</b>

4.3.2.1.1	Altura do canal da grade .....	39
4.3.2.1.2	Declividade mínima .....	39
4.3.2.1.3	Vazão resultante para o canal .....	40
4.3.2.1.4	Velocidade mínima .....	41
4.3.2.2	Grade .....	41
4.3.2.2.1	Perda de carga na grade .....	41
4.3.2.2.2	Área útil da grade .....	42
4.3.2.2.3	Escolha da grade a ser utilizada .....	43
4.3.2.2.4	Eficiência da grade .....	43
4.3.2.2.5	Área da seção do canal .....	44
4.3.2.2.6	Altura do degrau x .....	45
4.3.2.3	Dimensionamento da Caixa de Areia .....	45
4.3.2.3.1	Calha Parshall .....	45
4.3.2.3.2	Altura da lâmina líquida no Parshall .....	46
4.3.2.3.3	Base do canal .....	48
4.3.2.3.4	Área da caixa de areia .....	48
4.3.2.3.5	Comprimento da caixa de areia .....	49
4.3.2.3.6	Profundidade do depósito de areia .....	49
4.3.3	Dimensionamento do Reator.....	50
4.3.4	Estimativa de eficiência do reator .....	54
4.4	Estimativa de custo para implantação.....	56
4.5	Destinação final para os resíduos sólidos .....	57
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	58
5.1	Dimensionamento da Rede de Esgoto.....	58
5.1.1	Dimensionamento da Vazão de Projeto.....	58
5.1.2	Diâmetro da tubulação.....	58
5.2	Definição do Método de Tratamento.....	61

<b>5.3 Dimensionamento do CTE.....</b>	<b>64</b>
<b>5.3.1 Filtro Biológico .....</b>	<b>64</b>
<b>5.3.2 Tratamento preliminar .....</b>	<b>64</b>
<b>5.3.2.1 Canal da grade .....</b>	<b>64</b>
<b>5.3.2.2 Grade .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3.2.3 Dimensionamento da Caixa de Areia .....</b>	<b>66</b>
<b>5.3.3 Altura do tanque séptico .....</b>	<b>68</b>
<b>5.4 Dimensionamento do reator .....</b>	<b>68</b>
<b>5.5 Estimativa de eficiência do reator.....</b>	<b>70</b>
<b>5.6 Estimativa de custo para implantação.....</b>	<b>71</b>
<b>5.7 Destinação final para os resíduos sólidos.....</b>	<b>71</b>
<b>5.8 Implantação do sistema de coleta de esgoto no bairro .....</b>	<b>72</b>
<b>5.9 Custo total da implantação .....</b>	<b>72</b>
<b>5.10 Local de implantação do CTE .....</b>	<b>74</b>
<b>6.CONCLUSÃO.....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>6.1 Aplicação do método a outros bairros do município .....</b>	<b>75</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um sistema centralizado de tratamento de esgoto pode trazer uma série de benefícios significativos para um bairro que atualmente depende de fossas sépticas. Além de reduzir o risco de contaminação do solo e dos outros recursos hídricos, o tratamento em larga escala possibilita uma remoção mais eficiente de poluentes, incluindo matéria orgânica, nutrientes e microrganismos patogênicos. Isso não apenas melhora a qualidade da água, mas também reduz os impactos negativos sobre a saúde pública e promove uma gestão mais sustentável dos recursos naturais.

O tratamento de esgoto é exemplificado por casos como o Rio Tietê, no Brasil, onde décadas de poluição por esgoto não tratado resultaram em graves problemas ambientais e de saúde pública. Por outro lado, locais como Cingapura, Curitiba (Brasil) e Amsterdam (Holanda) destacam-se por sistemas eficientes e inovadores de tratamento de esgoto, que não apenas preservam a qualidade da água, mas também promovem a sustentabilidade, a segurança hídrica e a qualidade de vida das comunidades. Esses exemplos evidenciam a importância crucial do tratamento de esgoto para proteger os recursos Hídricos, prevenir doenças transmitidas pela água e promover o desenvolvimento sustentável em todo mundo.

Localizada no sul de Minas Gerais, a cidade de Guapé sofre com o baixo nível do reservatório da hidrelétrica de Furnas assim como várias outras cidades que são abrangidas pelo lago, o baixo nível da represa afeta diretamente na economia da cidade que conta com o turismo como fonte de renda além da alta nas tarifas da conta de energia, o lago de furnas também atua como corpo receptor dos efluentes da rede de esgotos de várias cidades ao seu redor. Grande parte dessas cidades ribeirinhas tais como a cidade em questão tem o despejo do esgoto doméstico diretamente na represa de Furnas sem passar por nenhum tipo de tratamento. Na época de seca o esgoto da cidade de Guapé corre a céu aberto trazendo graves consequências a saúde e também causa grande impacto no turismo, não só pela baixa do nível da água mais também pelo mau cheiro e o desprazer do esgoto correndo a céu aberto.

Este trabalho consiste no estudo e coleta de dados para se realizar uma implantação de um sistema centralizado de tratamento de esgoto (CTE) no bairro Parque das Águas em Guapé-MG, tem como objetivo primordial promover a melhoria da qualidade de vida dos moradores, proteger o meio ambiente e garantir a sustentabilidade da região. A metodologia adotada para essa implantação envolve a análise detalhada das necessidades locais, incluindo a avaliação das condições atuais de saneamento e os potenciais impactos ambientais. Além disso, busca-se



engajar ativamente a comunidade local, promovendo a conscientização sobre a importância do tratamento adequado de esgoto e incentivando a participação no processo de implementação e manutenção do sistema. Com isso, pretende-se não apenas eliminar os riscos de contaminação dos recursos hídricos e de saúde pública, mas também fomentar o desenvolvimento sustentável da região, contribuindo para a preservação dos ecossistemas locais e a promoção do bem-estar da população.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo geral analisar e dimensionar o sistema de tratamento de esgoto do bairro “Parque das Águas” que melhor atenda a demanda.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar o corpo receptor no qual é lançado o esgoto da cidade;
- Caracterizar problemas de lançamento de esgoto sem tratamento;
- Caracterizar o esgoto lançado no reservatório;
- Caracterizar problemas ocasionado por utilização de fossas residenciais
- Dimensionar a rede de esgoto do bairro “Parque das Águas”;
- Dimensionar centro elevatório de esgoto para o bairro;
- Estudar qual o tipo de tratamento mais comum e propor o que atende o bairro;
- Custear o valor de implantação do CTE.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Sistema de Esgoto Sanitário Residencial**

De acordo com a NBR 9648/86 da ABNT, o esgoto doméstico é despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.

O esgoto doméstico é composto por água do banho, urina fezes, resto de comidas papel, sabão, detergente e água de lavagem.

O esgoto é um composto uniforme de matéria orgânica biodegradável, microrganismos (bactérias, vírus, entre outros), nutrientes (nitrogênio e fosforo), óleos, graxas e detergentes.

Segundo Von Sperling (2005), a Composição do esgoto doméstico é aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos suspensos e dissolvidos, e micro-organismos, fazendo com que nessa pequena porcentagem já se faça necessário o tratamento do esgoto.

Ainda segundo Von Sperling (1996), a característica dos esgotos é devido ao uso a qual a água foi submetida e a forma que foi exercida, varia com o clima, situação social e econômica, e hábitos da população.

Para as concessionárias de abastecimento de água e coleta de esgoto, o fato de ter água potável e encanada é um fator relevante em nossas cidades, mas o serviço de esgoto tratado adequadamente tem também que ser prioridade para sanar problemas de saúde como: verminose, hepatite e diarreia. A fundação Nacional de saúde (FUNASA, 2017) destaca que a cada R\$1,00 gasto em saneamento, é economizado cerca de R\$4,00 com saúde.

#### **3.2 Caracterização do Corpo receptor**

De acordo com a NBR 9648/86 da ABNT o corpo receptor é qualquer coleção de água natural ou solo que recebe o lançamento de esgoto em seu estágio final.

Muitas cidades são cercadas por corpos hídricos, utilizando-os como receptores principais para o despejo de efluentes domésticos e industriais, frequentemente sem tratamento adequado. Esse lançamento de esgoto é um dos principais problemas que

enfrentamos em relação às nossas águas, impactando suas características naturais e reduzindo a qualidade da água.

Considerando a resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/05 que trata da classificação e diretrizes ambientais para a categorização das águas segundo sua qualidade, controle de poluição e modos de uso, com o propósito de estabelecer metas para o equilíbrio ambiental aquático do país.

As águas presentes no território nacional são agrupadas em nove categorias sendo as águas doces aquelas com salinidade igual o inferior a 0,05‰, as águas salobras com salinidade entre 0,05‰ e 30‰, e as águas salinas com salinidade superior a 30‰.

### 3.3 Critérios e parâmetros

De acordo com a NBR 13969/97 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, que tem como objetivo apresentar uma unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos, afirma que o descarte de esgoto doméstico tem a variabilidade conforme o padrão da residência: conforme a tabela 1.

Tabela 1 – Contribuição diária de despejo por padrão de residência

Prédio	Unidade	Contribuição esgoto L/d
Residência		
Padrão alto	Per capita	160
Padrão médio	Per capita	130
Padrão baixo	Per capita	100

Fonte: NBR 13969/97

### 3.4 Rede Coletora de Esgoto Sanitário

Conforme Pereira (2006), após serem utilizadas para suprir as necessidades da população, as águas descartadas apresentam características que as tornam impróprias para consumo e para o retorno ao meio ambiente. De modo geral, a água descartada após o uso é denominada água residuária, e suas características variam de acordo com os hábitos e costumes da população.

### 3.4.1 Sistemas de Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário é fundamental para coletar os efluentes em áreas com alta densidade populacional, como capitais e metrópoles. O objetivo principal desses sistemas é conduzir as águas residuárias por meio de tubulações adequadas e encaminhar o efluente para um tratamento apropriado. Desta maneira Nuvolari (2011) aponta que os sistemas urbanos de esgotamento sanitário podem ser realizados seguindo três metodologias:

- a) Sistema unitário: águas residuais, águas de infiltração e águas pluviais são transportadas por um único sistema;
- b) Sistema separador parcial: águas de telhados e pátios das economias que correspondem a parcela de água da chuva e águas residuárias são transportadas por um único sistema;
- c) Sistema separador absoluto: águas residuárias e de infiltração são transportadas por coletores diferentes das águas pluviais sendo que estas possuem um sistema independente.

### 3.4.2 Partes Constituintes de um Sistema de Esgoto

Para Tsutiya e Sobrinho (2011, p.6) um sistema de esgoto é constituído por várias partes que são dependentes entre si para propiciar a coleta, transporte e tratamento de esgoto sanitário de forma eficiente. A tabela 2 abaixo exemplificas as partes do sistema.

Tabela 2 – partes constituintes de um sistema de esgoto

Rede coletora	Conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios; o sistema de esgoto predial se liga diretamente a rede coletora por uma tubulação chamada de coletor predial.
Interceptor	Canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas.

Emissário	Canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha.
Corpo de água receptor	Copo de água onde são lançados os esgotos.
Estação elevatória	Conjunto de instalações destinadas a trans ferir os esgotos de uma cota mais baixa para outra mais alta.
Estação de tratamento	Conjunto de instalações destinadas a depuração dos esgotos, antes de seu lançamento.

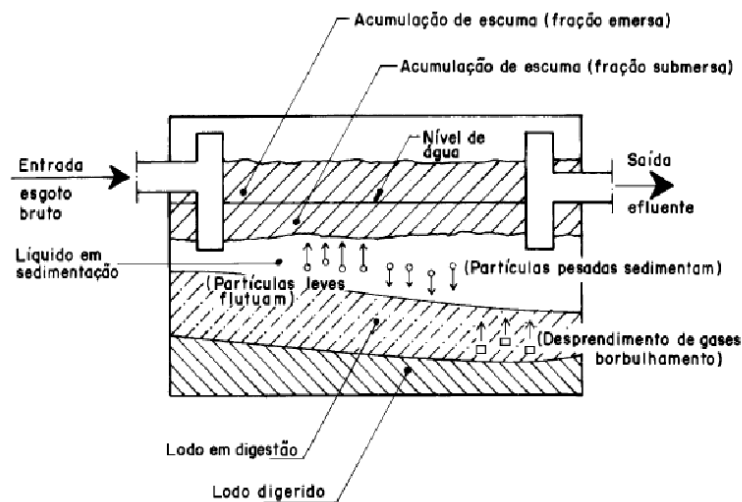
Fonte: Adaptado Tsutiya e Sobrinho (2011, p.6)

### 3.5 Sistemas de Tratamento

#### 3.5.1 Tanque Séptico

A NBR 7229/93 implica que nesse processo, geralmente encontrado em residências e pequenos conjuntos habitacionais, é realizado o tratamento em uma unidade onde acontecem as funções de decantação e flotação, liberado no tanque de flotação com a pressão atmosférica para a superfície, carregando a matéria sólida a que tende a flotar. Em alguns processos são utilizados produtos químicos para auxiliar a formação de flocos, desagregação e assim formar o lobo e a espuma, necessário dar um destino próprio para o descarte. Sendo, os tanques sépticos, reatores de fluxo horizontal, construídos de alvenaria ou concreto armado, estanques, a principal ação física é através de decantação, ver figura 1.

Figura 1- Funcionamento de um Tanque Séptico

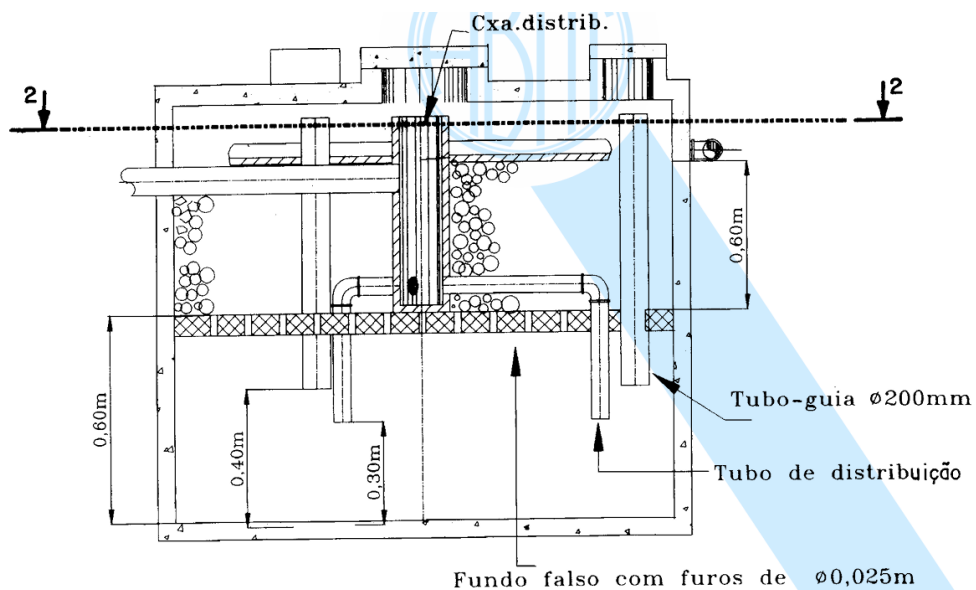


Fonte: NBR 7229/93 pag. 9

### 3.5.2 Filtro Anaeróbio

Segundo a NBR 13969/97 o filtro anaeróbio consiste em um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos não aeróbios tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado mais como retenção dos sólidos. Exemplo de filtro anaeróbio pode ser visto na figura 2.

Figura 2- Filtro Anaeróbio



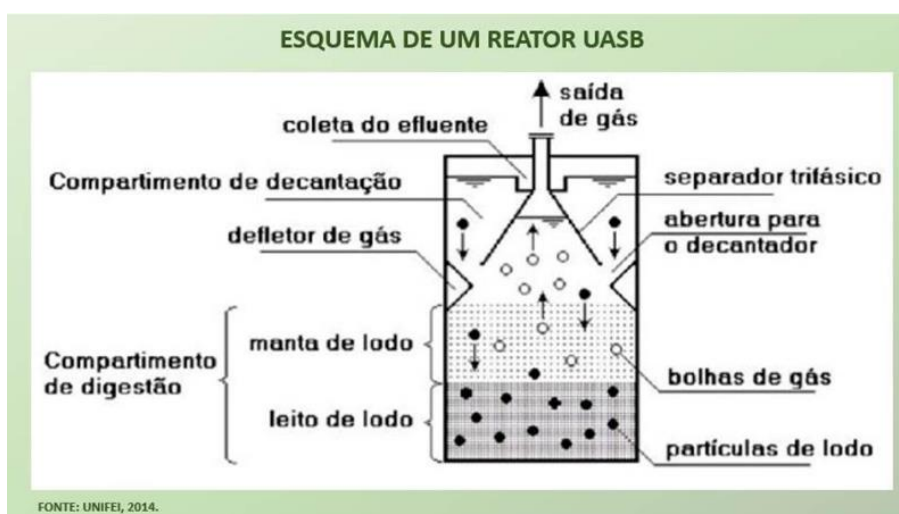
Fonte: NBR 13969/97 pag. 30

### 3.5.3 Reator UASB (reator anaeróbio de manta de lodo)

Em seu estudo Campos(1994) trata de um tipo de tratamento utilizando o reator anaeróbio de manta de lodo conhecido como UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket), ou reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo RAFA, ainda no em seu estudo aponta que o início do processo é a estabilização da matéria orgânica por processo anaeróbio, realizado por microrganismos que crescem em sua parte líquida, separando-os na parte superior por um cone ou pirâmide, permitindo a saída do efluente clarificado e tratado. Esses sólidos retidos por sua vez viram a biomassa que permanece no reator por tempo elevado para que a matéria orgânica degrade. O lodo retirado periodicamente do sistema já se encontra estabilizado, com isso é necessário apenas que seque para que haja sua disposição final.

O sistema com reator UASB detalhado na figura 2 tabela 2 possui as maiores características dos outros sistemas anaeróbios e são considerados como não tão eficientes, são sensíveis e causadores de mau odor, muitas pesquisas e estudos em ete's implantadas, tem comprovado que é muito viável, a sua aplicação é positiva na realidade do nosso esgoto mineiro, tendo baixo custo de implantação e manutenção gerando quantidades menores de lodos em relação aos processos aeróbios, baixa demanda de área. Sua eficiência de remoção de DBO e DQO está entre 65 a 70%, necessitando assim o pós-tratamento de seu efluente. (CAMPOS, 1994).

Figura 4- Exemplificação de Reator UASB



Fonte:h2oengenharia <https://h2oengenharia.com.br/pt/uasb/>



Por ser um tratamento anaeróbio em seu processo é liberado um gás, “metano que não pode ser liberado diariamente na atmosfera, mais que pode ser aproveitado como biogás captado em tanque, ou simplesmente a queima do mesmo com dispositivos específicos.

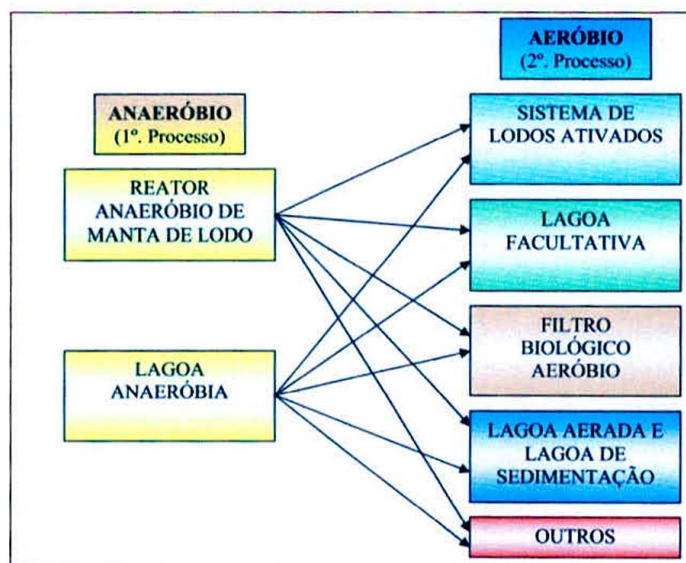
Tabela 3 – característica de reatores anaeróbios

Eficiência de remoção (%)				Requisitos		Custo Implantação (UTE/hab.)	TDH
DBO	N	P	Coliformes Fecais	Área (m <sup>2</sup> /hab.)	Potência (W/hab.)		
65-75	10-25	10-20	60-90	0,5-1,0	Aprox. 0	20-40	0,3-0,5

Fonte: Von Sperling (2005)

Realizados estudos sobre sistemas anaeróbios de tratamento de esgoto, temos como exemplos de associações de sistema de tratamento anaeróbio seguidos de tratamento aeróbio conforme a figura 4.

Figura 4- Associação de Sistemas Anaeróbios com Aeróbios



Fonte: (CAMPOS, 1994)

### **3.5.4 Lagoas de estabilização**

As lagoas de estabilização são o método mais simples para tratar o esgoto existente. São construídas através da escavação no terreno natural, geralmente em formato retangular, cercadas por taludes de terra ou revestidas com placas de concreto.

As lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico. A estabilização da matéria orgânica ocorre por meio da oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e da redução pela fotossíntese das algas.

Elas podem ser classificadas em quatro diferentes tipos.

- a) Lagoas anaeróbias;
- b) Lagoas facultativas;
- c) Lagoas de maturação;
- d) Lagoas aeróbias;

#### **3.5.4.1 Lagoas Anaeróbias**

De acordo com Sperling (2015), as lagoas anaeróbias, ver figura 5, funcionam de maneira a oxidar os compostos orgânicos complexos antes de iniciar um tratamento posterior com lagoas facultativas ou lagoas aeradas. Essa não depende de ação por fotossíntese das algas, o que poderá ter profundidades maiores do que as outras, podendo variar de 3,0 a 5,0 metros, e a remoção do lodo deverá ser num período entre 3 e 5 anos, ver tabela 4, sua eficiência está interligada sempre que possível com construção de lagoas facultativas ou aeradas para o complemento do tratamento.

As lagoas anaeróbias assim com os UABS exigem a necessidade de pós-tratamento, a eficiência desse processo está na faixa de 50 a 60% uma grande vantagem é que, e baixo essas lagoas tenham baixo nível de produção de lodo, e que consumo de energia elétrica é insignificante, entretanto produz um mau odor, fazendo com que a sua implantação seja em um raio de aproximadamente de 500 metros da cidade. (Campos, 1994).

Figura 5-Lagoa Anaeróbia



Fonte: logica ambiental.com.br

Tabela 4- característica da lagoa anaeróbia

Eficiência de remoção (%)				requisitos		Custo implantação (UTE/hab.) (Unid. Trat. Esgoto/hab.)	TDH (dias)
DBO	N	P	Coli. Fecais	Área (m <sup>2</sup> /hab.)	Potência (W/hab.)		
50-60	30-50	20-40	60-90	1,5-2,5	Aprox. 0	10-25	12-14

Fonte: Sperling (2015)

### 3.5.4.2 Lagoas Facultativas

Conforme Sperling (2015), o processo das lagoas facultativas é através da influência da luz solar (fotossíntese) das algas e bactérias sob a matéria orgânica encontrada no esgoto que é inserido em uma parte da lagoa, o esgoto fica retido por vários dias para a estabilização e sedimentação da matéria orgânica no fundo da lagoa formando o lodo e decomposição por bactérias variadas dos micro-organismos fazendo com que a parte dissolvida vá para a superfície, forçando a ação da transformação da matéria mais estável na forma de células de algas e parte em produtos inorgânicos finais que saem com efluentes líquido na outra extremidade da lagoa. Estas lagoas são chamadas de

facultativas devido às condições aeróbias sustentadas na superfície liberando oxigênio, e às anaeróbias mantidas na parte inferior da lagoa onde a matéria orgânica passe a ficar sedimentada, características na figura 6 e tabela 5.

Por influência da luz solar a sua profundidade geralmente é estabelecida entre 1,0 e 2,5m para eficaz do processo, acarretando a esse sistema de tratamento a desvantagem da necessidade de áreas para implantação relativamente grandes devido ao tempo necessário para todo processo seja concluído, esse processo é diretamente proporcional a temperatura do local, outra desvantagem é devido ao mau odor produzido ser necessário a sua implantação distante ao centro urbano, a vantagem é que esse sistema é o mãos simples das lagoas de estabilização tendo baixo custo de implantação, ,manutenção a ser um eficiente sistema de tratamento.

Figura 6 – Lagoa Facultativa



Fonte: Sabesp-SP

Tabela 5- características da lagoa facultativa

Eficiência de remoção (%)				requisitos		Custo implantação (UTE/hab.) (Unid. Trat. Esgoto/hab.)	TDH (dias)
DBO	N	P	Coli. Fecais	Área (m <sup>2</sup> /hab.)	Potência (W/hab.)		
70-85	30-50	20-60	60-99	2,5-5,0	Aprox. 0	10-30	15-30

Fonte: Sperling (2015)

### 3.5.4.3 Lagoa de Maturação

Segundo a COPASA (2014), esse tipo de lagoa para tratamento tem como função a redução dos coliformes fecais e também dos organismos patogênicos, contido nos esgotos. São construídas sempre, depois do completo tratamento de uma lagoa facultativa ou qualquer outro tipo de tratamento convencional. Com um cálculo adequado de dimensionamento, poderá conseguir índices elevados para a remoção de coliformes. Para uma boa eficiência nesse tratamento as profundidades normalmente são iguais as das lagoas facultativas. Os fatores que são levados em consideração para remoção dos organismos patogênicos são: a temperatura, insolação, PH, escassez de alimento, organismos predadores, competição, compostos tóxicos, etc. a eficiência se torna mais eficaz os mecanismos devido a menores profundidades, o que justifica o fato das lagoas de maturação serem rasas e necessário a utilização de grandes áreas, conforme figura 7.

Figura 7- Lagoa de Maturação



Fonte: CPGRS notícias (2023)

### 3.5.4.4 Lagoas Aeróbias ou de Alta Taxa

De acordo com Sperling (2015), o que predomina nesse tipo de tratamento, o próprio nome já diz, e a inserção do sistema aeróbio, conforme figura 8, conseqüentemente ocasiona dimensões reduzidas. A diferença entre esse sistema e o sistema de tratamento por lagoa facultativa é que o oxigênio não é produzido por fotossíntese das algas, é inserido por aeradores mecânicos. Estes aerados geralmente são de turbinas rotativas de eixo vertical, ocasionando uma grande agitação no líquido através de rotação em alta velocidade. A agitação permite a penetração e dissolução do oxigênio

no esgoto. Fazendo com que a introdução de oxigênio na massa seja bem maior do que nos sistemas de lagoas anaeradas, reduzindo o volume necessário para esse tratamento, diminuindo o tempo de detenção hidráulica para um período entre 5 a 10 dias, e uma área de implantação bem menor.

Os aeradores introduzem uma energia na lagoa suficiente apenas para obtenção de oxigênio, não sendo suficiente para a manutenção dos sólidos em suspensão e bactérias dispersos na massa líquida. Fazendo com que ocorre o mesmo processo de sedimentação da matéria orgânica formando lodo no fundo da lagoa, necessitando de uma disposição final. A lagoa aerada é utilizada quando se deseja um sistema predominantemente aeróbio e que não disponibilidade de grandes áreas para a implantação de uma lagoa aeróbia. Um ponto negativo é a introdução de equipamentos elétricos e mecânicos, manutenção e capacidade operacional do sistema, além da necessidade de consumo de energia elétrica. (SPERLING, 2015).

Figura 8 – Lagoa Aerada



Fonte: DEK engenharia

#### **3.5.4.5 Reatores Aeróbios com filtro biológico e Biofilme**

A COPASA (2014) define esse tipo de tratamento sendo estabilizada por utilização de bactérias que crescem junto a um suporte fixo, geralmente pedras, material plástico ou bambu, como os mais usuais, nos quais a aplicação de esgotos é feita parte superior do reator, sendo assim, de fluxo descendente e com uma decantação; ou com sistemas submersos, feito com a introdução de oxigênio, com fluxo de ar ascendente, realizado como fluxo de esgoto podendo ser realizado de forma ascendente ou descendente.

Outra forma muito usual é realizar a aplicação do esgoto por braço giratórios, com fluxo contínuo direcionado ao fundo de um tanque, dessa forma permite um crescimento bacteriano na superfície do chamando meio suporte de pedras, plástico ou bambu, formado uma camada degrade a matéria orgânica, a aeração desse sistema é natural.

#### **3.5.4.6 Lodos Ativados**

Considerando como o processo de tratamento mais comum e usual do mundo, segundo SPERLING (2015) a escolha por esse sistema de tratamento se dá pela eficiência obtida, pela qualidade de seu efluente e também com vantagem a utilização de pequenas áreas para a implantação.

O processo de tratamento de esgoto nesse sistema é aeróbio, com a desvantagem de apresentar um alto custo de energia elétrica para sua operação. Esse tratamento consiste na utilização de um reator onde há uma alta concentração de biomassa em suspensão em um meio líquido. Dessa forma, maximiza-se a quantidade de bactérias em suspensão, o que aumenta o consumo de matéria orgânica, promovendo uma maior eliminação da matéria orgânica presente no esgoto.

No tanque de aeração, as bactérias crescem devido a sua propriedade de flocular a biomassa. Essa biomassa é removida por sedimentação em um decantador secundário, completando assim o tratamento do efluente. Para manter uma alta concentração de bactérias no reator, o lodo sedimentado é recirculado de volta ao tanque de aeração.

Esse processo é o princípio básico do sistema usual de tratamento por lodos ativados, que inclui o decantador primário, o tanque de aeração, o decantador secundário e a estação elevatória para a recirculação do lodo.

Conforme SPERLING (2015), os sistemas mais empregados para o tratamento do esgoto com características no país são:

- Sistemas de Lagoas de estabilização;
- Sistema de lodos Ativados;
- Sistema de filtro lentos;
- Sistema anaeróbios (UASB, RAFA, filtros);

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização do Bairro Parque das Águas

O estudo de caso apresentado na figura 9, ilustrado no mapa abaixo, delimita o bairro parque das águas, que contêm 174 ligações residenciais. É importante destacar que o bairro não possui rede coletora de esgoto, a coleta é realizada de forma individual em cada residência sendo a fossa séptica o método predominantemente utilizado pela maioria dos moradores.

Figura 9 – Mapa delimitando o Bairro de estudo

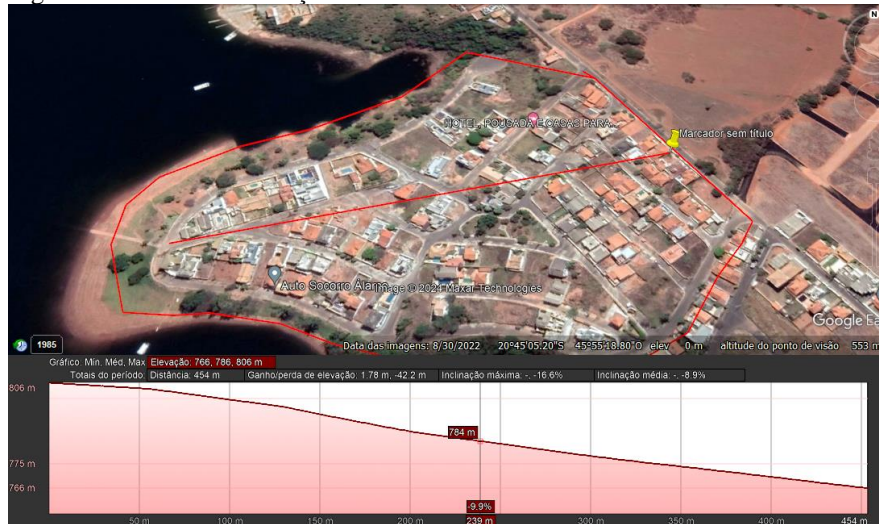


Fonte :Adaptado Google Earth Pro

Como base para dimensionamento, estima-se que cada ligação residencial atenda a cinco habitantes, com um consumo de água de 200 litros por pessoa, dos quais 80% retornam como esgoto. A topografia do bairro favorece a inclinação em direção ao reservatório de furnas, como vemos na figura 10. A parte mais alta do bairro está situada na cota de 806 metros, enquanto o ponto mais baixo se encontra-se na cota de 766 metros.



Figura 10 – Perfil de Elevação do Bairro



Fonte :Adaptado Google Earth Pro(2024)

O presente trabalho apresenta uma solução para o esgotamento sanitário do bairro que atualmente não possui rede de coleta e centro de tratamento. Para este intento, seguirá a seguinte metodologia.

## 4.2 Dimensionamento da Rede de Esgoto

Para o dimensionamento da rede de esgoto do bairro Parque das Águas, é essencial considerar tanto os aspectos demográficos quanto os topográficos. A rede deve ser projetada para atender á demanda da população local, garantindo eficiência no escoamento dos resíduos. A inclinação natural do terreno do bairro também deve ser levada em conta, pois influencia diretamente o fluxo gravitacional do esgoto. Com essas considerações em mente, é possível definir as especificações técnicas adequadas para a rede de esgoto, assegurando um funcionamento eficaz e sustentável do sistema de saneamento.

- Vazão de dimensionamento do sistema:

$$Qd = \frac{0,8 \times P \times q \times K_1 \times K_2}{86400}$$

Equação 1

Sendo:

$Q_d$  = vazão domiciliar ( $m^3/s$ );

0,8 = coeficiente de retorno;

$P$  = população;

$q$  = consumo de água por habitante;

$K_1$  = coeficiente de vazão diária – 1,2;

$K_2$  = coeficiente de vazão horaria – 1,5;

$Q_{inf}$  = vazão de infiltração 0,05 á 1,0 l/s/km, adotado 0,3 l/s/km.

- Velocidade:

$$V = \frac{\left( Rh^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \right)}{n}$$

Equação 2

Sendo:

$V$  = velocidade (m/s);

$R_h$  = raio hidráulico (m);

$I$  = inclinação (m/m);

$N$  = rugosidade do material;

- Inclinação (declividade):

$$I = \frac{\text{conta mont.} - \text{Conta jus.}}{\text{comprimento do trecho}}$$

Equação 3

- Velocidade crítica:

$$V_c = 6 \times (g \times R_h)^{\frac{1}{2}}$$

Equação 4

Sendo:

$V_c$  = velocidade crítica (m/s);

$R_h$  = raio hidráulico (m);

$g$  = gravidade (9,81 m/s<sup>2</sup>).

- Diâmetro:

$$\varnothing = \frac{(0,0463 \times Q)^{0,375}}{I^{1/2}}$$

Equação 5

Sendo:

Ø = diâmetro (m);

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s);

I = inclinação (m/m);

### 4.3 Dimensionamento do sistema

#### 4.3.1 Filtro Biológico

Para o dimensionamento do tanque séptico segue a fórmula estabelecida pela NBR 17076/24, para saber o volume do tanque séptico.

- Fórmula do volume do tanque:

$$V = 1000 + N(q \times T + Lf \times K)$$

Equação 6

Sendo:

V = Volume útil (L);

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição (hab. Ou unid.);

q = Contribuição do esgoto (L/hab. D);

T = Tempo de detenção hidráulica (d);

Lf = Contribuição de lodo fresco (L/hab.);

K = Taxa de acumulação de lodo (d);

Para realização dos cálculos do dimensionamento deverá levar em consideração as tabelas a seguir

Tabela 6 – Contribuição diária de efluente (q) por unidade

Tipo de contribuição	Unidade	Contribuição de efluente (q) <sup>a</sup> Litro/unidade/dia	Lodo fresco (Lf) <sup>b</sup> Litro/unidade/dia
<b>1. Ocupantes permanentes</b>			
residência padrão alto	Pessoa	160	1
residência padrão médio	Pessoa	130	1
residência padrão baixo	Pessoa	100	1
hotel (exceto banheiro, lavanderia e cozinha)	Pessoa	100	1
hotel com cozinha e lavanderia, exceto banheiro	Pessoa	240	1
hotel com cozinha, lavanderia e banheiro	Pessoa	360	1
alojamento provisório	Pessoa	80	1
orfanato - asilo	Pessoa	120	1
escola (internato)	Pessoa	150	1
presídio	Pessoa	240	1
quartel	Pessoa	120	1
área rural	Pessoa	100	1
<b>2. Ocupantes temporários</b>			
fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
escritório	Pessoa	50	0,20
edifício público ou comercial	Pessoa	50	0,20
escola de meio período	Pessoa	50	0,20
escola de período integral	Pessoa	100	0,30
creche	Pessoa	50	0,20
bar	Pessoa	6	0,10
restaurante e similares	Refeição	25	0,10
cinema, teatro, templo, igreja e locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
ambulatório	Pessoa	25	0,20
estação ferroviária, rodoviária e metroviária	Passageiro	25	0,20
sanitário público	Bacia sanitária	480	4
<sup>a</sup> q – contribuição de efluente (esgoto)			
<sup>b</sup> Lf – contribuição de lodo fresco			

Fonte: (Adaptada da NBR 17076/24).

Tabela 7 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

Contribuição diária L	Tempo de detenção	
	Dia	Horas
Até 1 500	1,00	24
Acima de 1 501 até 3 000	0,92	22
Acima de 3 001 até 4 500	0,83	20
Acima de 4 501 até 6 000	0,75	18
Acima de 6 001 até 7 500	0,67	16
Acima de 7 501 até 9 000	0,58	14
Acima de 9 001 até 12 000	0,50	12

Fonte: (NBR 17076/24).

Tabela 8 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

Intervalo entre limpezas anos	Valores de K por faixa de temperatura ambiente		
	Temperatura ambiente °C		
	t ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t > 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: (NBR 17076/24).

Após o cálculo do volume útil, é utilizado a tabela a seguir para determinar a altura do tanque séptico.

Tabela 9 – Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume útil m <sup>3</sup>	Profundidade útil m	
	Mínima	Máxima
Até 6,00	1,20	2,20
Acima de 6,00 até 10,00	1,50	2,50
Acima de 10,00	1,80	2,80

Fonte: (NBR 17076/24).

### 4.3.2 Cálculos para dimensionamento do tratamento preliminar

Segundo SPERLING (2015) esse tipo de tratamento protege os equipamentos de transporte de esgoto, as unidades de tratamento subsequentes e o corpo receptor do efluente tratado. O tratamento preliminar remove os mecanismos de ordem física como sólidos grosseiros e areia e tem uma unidade de Calha Parshall para medição da vazão. A figura 11 mostra como é realizado o tratamento preliminar:

Figura 11 – Fluxograma típico do tratamento preliminar



Fonte: Adaptado Jordao e Volschan Jr. (2009).

#### 4.3.2.1 Dimensionamento do canal da grade:

O canal servirá para implantação do gradeamento, será executado em concreto armado, segundo PESSOA (1982) a base do canal usual tem comprimento entre 0,5m e 2,0m, assim será adotado uma base de 1,4 m. de comprimento.

Através do diâmetro da tubulação que antecede a ETE (150 mm) e do valor da relação  $y/d$  que será adotado 0,75 têm-se o valor da lâmina líquida de 0,1125 m.

#### 4.3.2.1.1 Altura do canal:

Conforme informações ainda do autor PESSOA (1982) a altura do canal se dará pela relação entre a lâmina d'água e a base do canal, conforme a equação abaixo:

$$H_c = \frac{Y}{B_c}$$

Equação 7.

Onde:

$H_c$  = altura do canal (m);                       $B_c$  = base do canal (m).

$Y$  = lâmina d'água (m);

#### 4.3.2.1.2 Declividade mínima:

Para realização do cálculo da declividade mínima é necessário encontrar o coeficiente de relação, que pode ser calculado na equação 21 a seguir, tal coeficiente é obtido através da altura do canal.

$$\alpha = \frac{H_c}{1 + 2H_c}$$

Equação 8.

Onde:

$H_c$  = altura do canal (m);                       $\alpha$  = coeficiente de relação.

Tendo-se o valor do coeficiente pode-se então determinar a declividade mínima através da Equação a seguir:

$$I_{\min} = 0,00015 \times (\alpha \times B_c)^{-1}$$

Equação 9.

Onde:

$B_c$  = base do canal (m);

$I_{\min}$  = declividade mínima  $\left(\frac{m}{m}\right)$ .

#### 4.3.2.1.3 Vazão resultante para o canal:

A vazão resultante é a que chegará no canal, se dá em função dos resultados obtidos nas Equações realizadas anteriormente, como altura do canal, base do canal, coeficiente de relação e declividade mínima.

$$Q_{\text{resul}} = 71,4286 \times H_c \times B_c^{\frac{8}{3}} \times I_{\min}^{\frac{1}{2}} \times \alpha^{\frac{2}{3}}$$

Equação 10.

Onde:

$H_c$  = altura do canal (m);

$B_c$  = base do canal (m);

$Q_{\text{resul}}$  = vazão resultante  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$ ;       $I_{\min}$  = declividade mínima  $\left(\frac{m}{m}\right)$ .

$\alpha$  = coeficiente de relação.



#### 4.3.2.1.4 Velocidade mínima

A velocidade mínima de passagem do canal se dará através da vazão resultante, altura do canal e base do canal conforme Equação a seguir:

$$VC = \frac{Q_{\text{resultante}}}{H_c} \times B_c^2$$

Equação 11.

Onde:

VC = velocidade mínima de passagem do canal  $\left(\frac{m}{s}\right)$ ;

Bc = base do canal (m);

Qresultante = vazão resultante  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$ ;

Hc = altura do canal (m).

#### 4.3.2.2 Grade

Conforme SPERLING (2015) as grades removem os sólidos grosseiros, onde, no gradeamento, os materiais com maiores dimensões do que o espaçamento entre barras é retido.

##### 4.3.2.2.1 Perda de carga na grade:

A NBR 122209 (ABNT, 1990) prevê que se deve considerar uma perda de carga mínima nas grades de 0,15 m. Sendo assim, através da Equação a seguir pode-se obter o valor da velocidade de passagem através da grade:

$$\Delta H_g = 1,429 \times \left( \frac{VG^2}{2g} \times \frac{VC^2}{2g} \right)$$

Equação 12.

Onde:

 $\Delta H_g$  = perda de carga (m);VG = velocidade de passagem através da grade  $\left( \frac{m}{s} \right)$ ;VC = velocidade mínima de passagem do canal  $\left( \frac{m}{s} \right)$ ;g = aceleração da gravidade  $\left( \frac{m}{s} \right)$ .**4.3.2.2.2 Área Útil da grade:**

A área útil nada mais é que a quantidade de área de aço necessária para o tratamento, é determinada pela seguinte Equação:

$$A_u = \frac{Q_{max}}{VG}$$

Equação 13.

Onde:

 $A_u$  = área útil (m<sup>2</sup>); $Q_{max}$  = vazão máxima de projeto  $\left( \frac{m^3}{s} \right)$ ;VG = velocidade de passagem através da grade  $\left( \frac{m}{s} \right)$ .

#### 4.3.2.2.3 Escolha da grade a ser utilizada

A inclinação das grades em relação ao fundo do canal é indicada pelo ângulo  $\alpha$ , onde para grades com limpeza manual o ângulo  $\alpha = 30^\circ$  à  $60^\circ$ . Adotei  $45^\circ$ .

Sendo assim, será utilizada uma grade média com barras retangulares de 3/8" x 2" (10 x 50,0), com espaçamento de  $a = 25$  mm, espessura de 10 mm e inclinação de  $45^\circ$ .

#### 4.3.2.2.4 Eficiência na grade

A eficiência da grade deverá ser suficiente para que o fluido não fique retido devido aos materiais sólidos, pode-se encontrar na Equação a seguir:

$$E = \frac{a}{t + a}$$

Equação 14.

Onde:

$E$  = eficiência da grade (%);

$a$  = espaçamento entre as barras (mm);

$t$  = espessura das barras (mm).

#### 4.3.2.2.5 Área da seção do canal

A seção do canal junto a grade necessária para escoamento é obtida através da seguinte Equação:

$$S = \frac{Au}{E}$$

Equação 15.

Onde:

E = eficiência da grade (%);

Au = área útil (m<sup>2</sup>);

S = área da seção (m<sup>2</sup>).

Sabendo-se que o canal possui base retangular e que posteriormente será dimensionada a altura da caixa de areia, pode-se dimensionar a base da grade pela seguinte Equação:

$$Bg = \frac{S}{h_{max}}$$

Equação 16.

Onde:

Bg = largura do canal (m);

S = área da seção (m<sup>2</sup>).

h<sub>max</sub> = altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo Z (m);

Antes de realizar o cálculo da equação anterior deve-se calcular a Equação 21.

#### 4.3.2.2.6 Altura do degrau x

De acordo com SALLA (2017) para evitar o remanso do emissário, deve-se construir um degrau de altura x, de acordo com a Equação a seguir:

$$x = \Delta H_g + h_{\max} - y$$

Equação 17.

Onde:

$\Delta H_g$  = perda de carga (m);

$h_{\max}$  = altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo Z (m);

$Y$  = lâmina d'água (m).

#### 4.3.2.3 Dimensionamento da Caixa de Areia

A caixa de areia ou desarenador, segundo SPERLING (2015) são as partes responsáveis pela remoção de areia no esgoto, pelo processo de sedimentação simples.

##### 4.3.2.3.1 Calha Parshall

A Calha Parshall é de extrema importância para garantir a correta gestão do processo de tratamento, tendo-se o valor da vazão final de projeto pode-se determinar as dimensões e a largura da garganta da calha através do quadro a seguir:

Tabela 10 – Medidores Parshall: Capacidades, medidas padronizadas e equações de vazão

Dimensão Nominal "W"		Capacidade de Parshall (l/s)		Dimensões padronizadas do Parshall (cm)										Parâmetros de vazão (m³/s)	
pol/pés	m	mín	máx.	A	B	C	D	E	F	G	K	N	λ	n	
3"	0,076	0,85	53,8	46,6	45,7	17,8	25,9	45,7	15,2	30,5	2,5	5,7	0,176	1,547	
6"	0,152	1,52	110,4	62,3	61	39,4	40,3	53,3	30,5	45,7	3,8	11,4	0,381	1,58	
9"	0,229	2,55	251,9	88,1	86,4	38,1	57,5	61	45,7	61	6,9	17,1	0,535	1,53	
1'	0,305	3,11	455,6	137,1	134,4	61	84,5	91,5	61	91,5	7,6	22,9	0,69	1,522	
1 ½'	0,457	4,25	696,2	144,8	142	76,2	102,6	91,5	61	91,5	7,6	22,9	1,054	1,538	
2'	0,61	11,9	936,7	152,3	149,3	91,5	120,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9	1,426	1,55	
3'	0,915	17,3	1426,3	167,5	164,3	122	157,2	91,5	61	91,5	7,6	22,9	2,182	1,566	
4'	1,22	36,8	1921,5	182,8	179,2	152,5	193,8	91,5	61	91,5	7,6	22,9	2,935	1,578	
5'	1,525	62,8	2422	198	194,1	183	230,3	91,5	61	91,5	7,6	22,9	3,728	1,578	
6'	1,83	74,4	2929	213,3	209,1	213,5	266,7	91,5	61	91,5	7,6	22,9	4,515	1,595	
7'	2,135	115	3440	228,6	224	244,0	303	91,5	61	91,5	7,6	22,9	5,306	1,601	
8'	2,44	131	3950	244	239	274,5	340	91,5	61	91,5	7,6	22,9	6,101	1,606	
10'	3,05	200	5660	274,5	260,8	366	475,9	122	91,5	122	14,2	34,3	-	-	

Fonte: Adaptado de Azevedo Neto et al. (1998).

#### 4.3.2.3.2 Altura da lâmina líquida no Parshall:

Com todos os dados necessários obtidos na tabela anterior pode-se então calcular as vazões máxima e mínima de projeto, alturas máxima e mínima da lâmina líquida, altura do degrau e altura máxima e mínima antes do degrau, conforme as Equações abaixo:

Vazões de projeto:

$$Q_{\max} = 2,2 \times W \times H_{\max}^{\frac{3}{2}}$$

Equação 18.

$$Q_{\min} = 2,2 \times W \times H_{\min}^{\frac{3}{2}}$$

Equação 19.

Altura do degrau Z:

$$Z = \frac{(Q_{\max} \times H_{\min}) - (Q_{\min} \times H_{\max})}{Q_{\max} - Q_{\min}}$$

Equação 20.

Altura da lâmina d'água antes do rebaixo Z:

$$h_{\max} = H_{\max} - z$$

Equação 21.

$$h_{\min} = H_{\min} - z$$

Equação 22.

Onde:

$Q_{\max}$  = vazão máxima de projeto  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)$ ;

$W$  = largura da garganta (m);

$H_{\max}$  = altura da lâmina líquida de projeto (m);

$Q_{\min}$  = vazão mínima passante na calha  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)$ ;

$H_{\min}$  = altura mínima da lâmina líquida (m);

$Z$  = altura do degrau (m);

$h_{\max}$  = altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo Z (m);

$h_{\min}$  = altura mínima da lâmina d'água antes do rebaixo Z (m).

#### 4.3.2.3.3 Base do canal:

De acordo com o autor CHERNICHARO (1997) procura-se manter uma velocidade horizontal de passagem de esgoto entre 0,15 e 0,30 m/s para possibilitar a sedimentação de areia, será adotado, portanto, uma velocidade de 0,30 m/s. A equação a seguir possibilita então dimensionar a base do canal:

$$B_c = \frac{Q_{\max}}{V_{\text{horiz.}} \times h_{\max}}$$

Equação 23.

Onde:

$Q_{\max}$  = vazão máxima de projeto  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)$ ;

$V_{\text{horiz}}$  = velocidade horizontal  $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$ ;

$h_{\max}$  = altura máxima da lâmina d'água antes do rebaixo Z (m);

$B_c$  = base da caixa de areia(m).

#### 4.3.2.3.4 Área da caixa de areia:

Segundo a NBR 12209 (2011), a taxa de escoamento superficial deve estar compreendida entre 600 e 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia. Será adotado para o estudo 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia ou seja 0,01505 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.s. Portanto a área pode ser determinada pela Equação a seguir:

$$A = \frac{Q_{\max}}{0,01505}$$

Equação 24.



Onde:

$Q_{\max}$  = vazão máxima de projeto  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$ ;

A = área da caixa de areia ( $\text{m}^2$ ).

#### 4.3.2.3.5 Comprimento da caixa de areia:

O comprimento da caixa de areia é dado pela seguinte Equação:

$$L = \frac{A}{Bc}$$

Equação 25.

Onde:

A = área da caixa de areia ( $\text{m}^2$ );

Bc = base da caixa de areia(m);

L = comprimento do canal(m).

#### 4.3.2.3.6 Profundidade do depósito de areia:

Considerando-se a retenção de 30 L de material a cada 1000  $\text{m}^3$  de esgoto e que o período de limpeza da caixa de areia será a cada 14 dias, a quantidade de material retido é dada pela seguinte Equação:

$$M_r = \frac{Q_{\text{med}} \times 30 \times 10^{-6} \times 14}{1000}$$

Equação 26.

Onde:

$M_r$  = volume de material retido entre o período de limpeza ( $m^3$ );

$Q_{med}$  = vazão média de projeto  $\left(\frac{l}{dia}\right)$ .

Assim, pode-se ter a profundidade da caixa de areia pela seguinte Equação:

$$P = \frac{M_r}{A}$$

Equação 27.

Onde:

$M_r$  = volume de material retido entre o período de limpeza ( $m^3$ );

$A$  = área da caixa de areia ( $m^2$ );

$P$  = profundidade da caixa de areia (m).

### 4.3.3 Dimensionamento do Reator

Conforme metodologia adaptada a partir de CHERNICHARO (2007) e da NBR 17076/24, os cálculos de dimensionamento, a partir de dados secundários, de um reator UASB em escala real para o tratamento de dejetos de suínos estão demonstrados nas equações

O primeiro passo é a estimativa das concentrações diárias de DBO e DQO no afluente são obtidas a partir da igualdade entre ambos, ou seja:

$$C_{diária} = Q_{média} * C$$

Equação 28.

Sendo:

$C_{diária}$  = Concentração diária de DBO ou DQO no afluente (Kg/dia);

$Q_{média}$  = vazão média do afluente ( $m^3/dia$ );

$C$  = Concentração de DBO ou DQO ( $Kg/m^3$ );

O tempo de detenção hidráulica (TDH) varia conforme a temperatura do ambiente, sendo mais utilizado na faixa de 8 a 10 horas. Considerando uma a temperatura média anual em torno de  $23^{\circ}C$  o TDH recomendado é de 8 horas.

Em seguida, o volume é calculado em função do tempo de detenção hidráulica do sistema, logo:

$$V = TDH * Q_{média}$$

Equação 29

Sendo:

$V$  = Volume total do reator ( $m^3$ );

TDH = Tempo de detenção hidráulico (h);

$Q_{média}$  = Vazão média afluente ( $m^3/h$ );

Após o encontrar o volume, é efetuada o cálculo da carga hidráulica volumétrica (CHV) é a quantidade (volume) de esgotos aplicados diariamente ao reator, por unidade de volume dos mesmos (CHERNICHARO, 2016), dada da seguinte forma:

$$CHV = \frac{Q_{média}}{V}$$

Equação 30.

Sendo:

CHV = Carga hidráulica volumétrica ( $m^3/m^3.d$ );

$V$  = Volume total do reator( $m^3$ );

$Q_{m\u00e9dia}$  = Vaz\u00e3o m\u00e9dia afluyente ( $m^3/dia$ );

Calculado a carga hidr\u00e1ulica volum\u00e9trica, segue-se para encontrar a carga org\u00e2nica volum\u00e9trica (COV) \u00e9 a quantidade (massa) de mat\u00e9ria org\u00e2nica aplicada diariamente ao reator, por unidade de volume do mesmo:

$$COV = \frac{Q_{m\u00e9dia} * S_0}{V}$$

Equa\u00e7\u00e3o 31.

Sendo:

COV = Carga org\u00e2nica volum\u00e9trica ( $KgDQO/m^3.d-1$ );

$V$  = Volume total do reator( $m^3$ );

$Q_{m\u00e9dia}$  = Vaz\u00e3o m\u00e9dia afluyente ( $m^3/dia$ );

$S_0$  = Concentra\u00e7\u00e3o de substrato afluyente ( $KgDQO/m^3$ ).

Como foi adotado um tempo de deten\u00e7\u00e3o na equa\u00e7\u00e3o 03, neste ponto ir\u00e1 achar o tempo de deten\u00e7\u00e3o hidr\u00e1ulica (TDH) em rela\u00e7\u00e3o a vaz\u00e3o m\u00e1xima, atrav\u00e9s da equa\u00e7\u00e3o abaixo:

$$DTHQ_{m\u00e1x.} = \frac{V}{Q_{m\u00e1xima}}$$

Equa\u00e7\u00e3o 32.

Sendo:

DH $Q_{m\u00e1x}$  = tempo de deten\u00e7\u00e3o hidr\u00e1ulico da vaz\u00e3o m\u00e1xima(horas);

$V$  = Volume total do reator( $m^3$ );

$Q_{m\u00e1xima}$  = Vaz\u00e3o m\u00e1xima afluyente ( $m^3/dia$ );

É necessário definir a velocidade de escoamento, tendo em vigência que ela pode variar de 0,5 m/h a 0,7 m/h, contudo a velocidade adotada será um valor médio de 0,6 m/h, dessa maneira, é possível calcular a altura do reator UASB em função da velocidade de escoamento:

$$H = v * TDH$$

Equação 33.

Sendo:

H = altura em (m);

v = Velocidade (m/h);

TDH = Tempo de detenção hidráulico (horas).

Da mesma forma, é possível calcular a área total do reator, de acordo com a equação abaixo:

$$A = \frac{V}{H}$$

Equação 34.

Sendo:

A = Área útil do reator (m<sup>2</sup>);

H = Altura (m);

v = Velocidade (m/h).

Em função da área, tem-se o diâmetro do reator:

$$A = \frac{\pi d^2}{4}$$

Equação 35.

Sendo:

A = Área útil do reator (m<sup>2</sup>);

d = Diâmetro do reator (m);

Cabe ressaltar que a NBR 17076:2024 determina que o tanque séptico pode ser cilíndrico ou prismático mais que seu diâmetro interno mínimo seja de 1,10m ou que tenha largura interna mínima de 0,80m considerando também a relação altura/diâmetro mínimo 3:1 e máximo de 5:1.

A correta distribuição do esgoto, de modo a garantir um contato efetivo com a biomassa presente no reator, constitui-se em um dos aspectos mais importantes para o correto funcionamento do reator. O número de distribuidores é determinado em função da área da seção transversal do reator e da área de influência adotada para cada distribuidor, como segue:

$$Nd = \frac{Q_{diaria}}{\text{eficiencia do distribuidor}}$$

Equação 36.

Sendo:

Nd = Número de distribuidores(unid.);

Qdiaria = vazão diária (l/s);

Eficiência do distribuidor= 2 (l/s).

Portanto, a área de influência de distribuidores de vazão em um reator UASB é determinada em função do tipo de lodo e das cargas orgânicas aplicadas no sistema.

#### 4.3.4 Estimativa de eficiência do reator

A estimativa de remoção de DQO e DBO é calculada a partir das equações 11 a 14, e permitem estimar a eficiência de reatores UASB operando na faixa de 20 a 27 0C, em função do tempo de detenção hidráulica:

$$E_{DQO} = 100 * (1 - 0,68 * t - 0,35)$$

Equação 37.

Sendo:

$E_{DQO}$  = Eficiência do reator UASB, em termos de remoção de DQO(%);

t = Tempo de detenção hidráulica(h);

0,68 = Constante empírica;

0,35 = Constante empírica.

$$E_{DBO} = 100 * (1 - 0,70 * t - 0,50)$$

Equação 38.

Sendo:

$E_{DBO}$  = Eficiência do reator UASB, em termos de remoção de DBO(%);

t = Tempo de detenção hidráulica(h);

0,70 = Constante empírica;

0,50 = Constante empírica.

A partir da eficiência esperada para o sistema, pode-se estimar a concentração de DQO e de DBO no efluente final, como a seguir:

$$S = \frac{E * S_0}{100}$$

Equação 39.

Sendo:

S = Concentração de DQO ou de DBO efluente(mg/L);

$S_0$  = Concentração de DQO ou de DBO afluente(mg/L);

E = Eficiência de remoção de DQO ou de DBO (%).

A concentração de sólidos suspenso totais (SST) no efluente final de reatores UASB é calculado através da equação:

$$CSST = 102 * t - 0,24$$

Equação 40.

Sendo:

$CSST$  = Concentração de sólidos suspensos totais no efluente(mg/L);

$t$  = Tempo de detenção hidráulica(h);

102 = Constante empírica;

0,24 = Constante empírica.

#### 4.4 Estimativa de custo para implantação e operação

Para uma maior confiabilidade nos valores estimados, foram considerados também os valores *per capita* dos principais sistemas de tratamentos de esgotos, conforme Von Sperling (2015) apresentados a seguir.

Tabela 11 – Implantação e operação

SISTEMA	DEMANDA DE ÁREA (m <sup>2</sup> /hab)	IMPLANTAÇÃO (R\$/hab)	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (R\$/hab.ano)
Reator UASB	0,03 - 0,10	30 - 50	2,5 - 3,5
UASB + lodos ativados	0,08 - 0,20	70 - 110	7,0 - 12,0
UASB + biofiltro aerado submerso	0,05 - 0,15	65 - 100	7,0 - 12
UASB + filtro anaeróbio	0,05 - 0,15	45 - 70	3,5 - 5,5
UASB + flotação por ar dissolvido	0,05 - 0,15	60 - 90	6,0 - 9,0
UASB + lagoas de polimento	1,50 - 2,50	40 - 70	4,5 - 7,0
UASB + lagoa aerada facultativa	0,15 - 0,30	40 - 90	5,0 - 9,0

Fonte: (Adaptado de Von Sperling, 2015)

Custo de implantação para reator UASB + filtro anaeróbio:

$$\text{Custo de Implantação} = C_{Mi} * hab$$

Equação 41.

Sendo:

$C_{Mi}$  = Custo médio de implantação (R\$/hab);



Hab = Habitantes.

Custo de operação para reator UASB + filtro anaeróbio:

$$\text{Custo de operação} = CMO * hab$$

Equação 42.

Sendo:

$CMO$  = Custo médio de implantação (R\$/hab);

Hab = Habitantes.

As quantidades exatas, juntamente com um orçamento completo de todas as unidades, só seriam possíveis com a elaboração de todos os projetos complementares necessários à execução da ETE.

#### **4.5 Destinação final para os resíduos sólidos**

Em relação a destinação final, existem várias maneiras, mas as mais utilizadas são descarte do lodo em aterros sanitários, e o descarte do lodo líquido, bombeado através de dutos até alto-mar – descarga oceânica. De acordo, com a crescente preocupação de preservação do meio ambiente a descarga oceânica não é mais utilizada, sendo inclusive proibida nos EUA e na Europa.

Com tudo, os processos que englobam a disposição final de 90% do lodo produzido no mundo são: incineração, disposição em aterros e uso agrícola.

Em caso de lodo misturado com resíduos químicos hospitalares, não é recomendado o uso como aplicação agrícola, assim podendo ser destinado a incineração por haver melhores resultados.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Dimensionamento da Rede de Esgoto

Abaixo segue dimensionamento da rede de esgoto do bairro “Parque das Águas” baseado no número de instalações fornecido pelo SAAE do município. Segundo o SAAE atualmente existem 174 instalações que dentre elas 156 estão ativas até a presente data.

#### 5.1.1 Dimensionamento da Vazão de Projeto

DADOS:

0,8 = coeficiente de retorno;

P = 174 ligações X média de 5 habitantes por residência = 875 habitantes;

q = 200 litros por habitante por dia (percapita) ou 0,0065 m<sup>3</sup>/s;

K1 = coeficiente de vazão diária – 1,2;

K2 = coeficiente de vazão horaria – 1,5;

Qinf = vazão de infiltração 0,05 á 1,0 l/s/km, adotado 0,3 l/s/km.

$$Qd = \frac{0,8 \times 875 \times 200 \times 1,2 \times 1,5}{86400} = 2,9166 \frac{l}{s} \rightarrow 251994,24 \frac{l}{dia} \rightarrow 251,994 \frac{m^3}{dia}$$

$$Q_{med} = \frac{2,92}{1,2 \times 1,5} \rightarrow 1,62 \text{ l/s}$$

$$Q_{min} = 1,62 \times 0,5 \rightarrow 0,8 \text{ l/s}$$

#### 5.1.2 Diâmetro da tubulação por trecho

Para o dimensionamento da rede de esgoto para atender as necessidades do bairro Parque das Águas em Guapé-mg temo como dados iniciais descritos na tabela 12

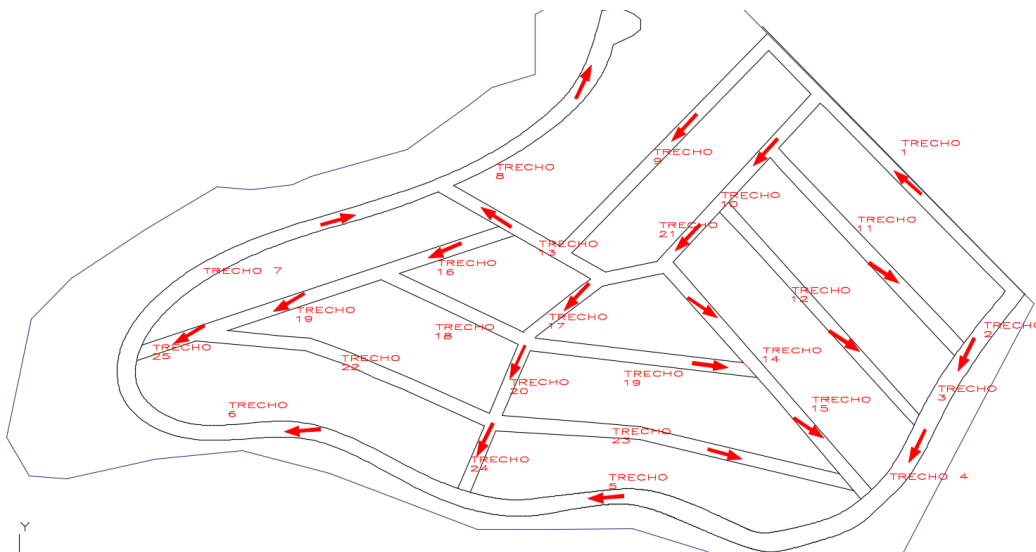
Tabela 12- dados iniciais

Coeficiente do dia de maior consumo	1,2
Coeficiente do dia de menor consumo	1,5
Comprimento do trecho(m)	2835,83
População(hab)	875
Vazão calculada(l/s)	2,9166

Fonte: O autor (2024)

Abaixo temos na figura 12 a separação dos trechos do bairro seguindo da tabela 9 temos dos diâmetros e as vazões dos respectivos trechos.

Figura 12 – Trechos do loteamento



Fonte: O autor (2024)

Tabela 13 – Trechos do loteamento

	Nº Residências (unid.)	Comprimento trecho (m)	Vazão somada por trecho (l/s)	Diâmetro (m)
Trecho 01	7	224	0,72	0,2
Trecho 02	4	44	1,72	0,6
Trecho 03	6	42,9	6,53	0,5
Trecho 04	7	62,5	12,07	0,5
Trecho 05	11	208	14,45	0,4
Trecho 06	6	222	18,57	0,7
Trecho 07	7	182	26,02	0,7
Trecho 08	4	157	29,96	0,9
Trecho 09	19	198	1,8	0,2
Trecho 10	4	100	0,87	0,3
Trecho 11	18	144	2,28	0,3
Trecho 12	19	153	2,27	0,3
Trecho 13	9	149	4,82	0,3
Trecho 14	3	52,2	1,16	0,3
Trecho 15	6	87,2	2,50	0,6
Trecho 16	2	51,3	0,85	0,2
Trecho 17	2	41,93	0,99	0,3
Trecho 18	7	110	1,26	0,2
Trecho 19	7	79,9	2,92	0,3
Trecho 20	4	47,2	2,61	0,3
Trecho 21	2	44,9	1,81	0,3
Trecho 22	16	144	2,05	0,3
Trecho 23	11	183	1,2	0,2
Trecho 24	2	50,2	3,47	0,3
Trecho 25	2	57,6	4,55	0,5

Fonte: O autor 2024 (Retirado das tabelas dos apêndices CeD)

Com base na figura e na tabela acima temos como traçado receptor no trecho 8 onde se encontra a menor cota no bairro ocasionando numa coleta de esgoto sem utilização de centros elevatórios para bombeamento de esgoto.

## 5.2 Definição do Método de Tratamento

Para a escolha do sistema de tratamento de esgoto, é essencial considerar vários fatores cruciais, como a eficiência de remoção de contaminantes, a confiabilidade do processo, a disposição adequada do lodo, os requisitos de espaço, a sustentabilidade ambiental, os custos operacionais e os custos de implantação, entre outros.

Para determinar o sistema de tratamento de águas residuárias mais adequado, é necessário avaliar as condições da rede de esgoto, os recursos disponíveis localmente, a área disponível para a instalação do sistema, além da classe, tipo e natureza do corpo receptor.

Dessa forma, para definir o nível de tratamento necessário para os efluentes da fazenda experimental, é fundamental conhecer, além da caracterização qualitativa das águas residuárias, as características do corpo receptor e a classe a que pertence, conforme estabelecido nas legislações pertinentes.

Conforme Von Sperling (2014) a decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento das fases líquida e sólida deve ser derivada fundamentalmente de um balanceamento entre critérios técnicos e econômicos, com a apreciação de méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. Não há fórmulas generalizadas para tal, e o bom senso ao se atribuir a importância relativa de cada aspecto técnico é essencial.

A relação entre condição e fator que a Tabela 9 apresenta aspectos importantes a serem considerados na seleção do sistema de tratamento.

Tabela 14 – Fatores de Importância a Serem Considerados ao se Selecionar e Avaliar Operações e Processos Unitários.

Condição	Fator
Aplicabilidade do processo	Aplicabilidade do processo é avaliada com base na experiência passada, dados publicados, dados de estações operando e dados de estações piloto.
Vazão aplicável	O processo deve ser adequado à faixa de vazão esperada.
Variação de vazão aceitável	A maioria das operações e processos deve ser projetada para operar numa ampla faixa de vazões. Caso a variação de vazão seja muito grande, pode ser necessária uma equalização da vazão.
Características do afluente	As características do afluente afetam os tipos de processo a serem usados (químicos ou biológicos) e os requisitos para a sua adequada operação.

Constituintes inibidores ou refratários	Quais as constituintes presentes nos esgotos podem ser inibidores ou tóxicos, e em que condições? Quais constituintes não são afetados durante o tratamento?
Aspectos climáticos	A temperatura afeta a taxa de reação da maioria dos processos químicos e biológicos. A temperatura pode também afetar a operação física das unidades. Temperaturas elevadas podem acelerar a geração de odor.
Cinética do processo e hidráulica do reator	O dimensionamento do reator é baseado na cinética das reações. Os dados de cinética são normalmente obtidos da experiência, literatura ou estudos piloto.
Desempenho	O desempenho é normalmente medido em termos de qualidade do efluente, a qual deve ser consistente com os requisitos e/ou padrões de lançamento.
Subprodutos do tratamento	Os tipos e qualidade dos subprodutos sólidos, líquidos e gasosos devem ser conhecidos ou estimados.
Limitações no tratamento do lodo	A seleção da forma de processamento do lodo deve ser feita em paralelo com a seleção do processo de tratamento da fase líquida.
Limitações ambientais	Fatores ambientais, como os ventos prevalecentes e suas direções, e proximidade a áreas residenciais podem restringir o uso de certos processos, especialmente quando houver liberação de odores.
Requisitos de produtos químicos	Que recursos e as quantidades devem ser garantidos para a satisfatória operação da unidade por um longo período de tempo?
Requisitos energéticos	Os requisitos energéticos, bem como os prováveis custos futuros, devem ser estimados, caso se deseje projetar sistemas economicamente viáveis.
Requisitos de outros recursos	Que recursos adicionais são necessários para se garantir uma satisfatória implantação e operação do sistema?
Requisitos de pessoal	Quantas pessoas e a que nível de capacitação são necessárias para se operar o sistema?
Requisitos de operação e manutenção	Quais os requisitos especiais de operação que necessitarão ser satisfeitos? Qual sua disponibilidade e custo?
Processos auxiliares requeridos	Que processos auxiliares de suporte são necessários?
Confiabilidade	Qual a confiabilidade da operação e processo em consideração? A unidade pode apresentar problemas frequentes?
Complexibilidade	Qual a complexidade do processo em operação rotineira e emergencial com cargas de choque?
Compatibilidade	A operação ou processo unitário pode ser usada satisfatoriamente com as unidades existentes? A expansão da estação pode ser feita com facilidade?

Fonte: adaptado de Von Sperling (2014) apud Metcalf & Eddy (1991).

Como solução para tratar o esgoto gerado pelo bairro “Parque das Águas”, recomenda-se a instalação de um reator UASB figura 13.

Figura 13 – Reator UASB Comercial



Fonte: Loja Águas Claras Engenharia

Baseado na análise da tabela acima o método de tratamento por reator UASB se mostra eficiente e atende aos requisitos de compatibilidade, confiabilidade, requisitos de pessoal e vazão aplicável, além de demandar de pouco espaço para sua implantação que facilita sua implantação no bairro de estudo evitando a necessidade de estações elevatórias. O sistema necessário para um tratamento eficaz incluirá:

- Instalação de uma caixa de inspeção para controlar a velocidade do esgoto.
- Implementação de um filtro biológico anaeróbio.
- Instalação de reator UASB compacto.

De acordo com o tratamento, deve-se definir o destino final do lodo e a possível utilização da água tratada. Assim:

- O lodo, devido à presença de resíduos químicos perigosos, será recolhido para incineração ou pra sua utilização em fazendas.
- A água tratada pelo sistema poderá ser utilizada para irrigação da praça do bairro.
- É essencial manter, ao longo dos anos, uma verificação contínua da operação, realizando manutenções regulares no sistema de tratamento e monitorando sua estabilidade.

### 5.3 Dimensionamento do CTE

Nesse tópico será abordado o método de dimensionamento do centro de tratamento de esgoto CTE por método de reator UASB para atender a necessidade do bairro.

#### 5.3.1 Filtro Biológico

$$V = 1000 + 875 \left( (200 \times 0,8) \times 1 + 1 \times 65 \right) \rightarrow 197875,00 \text{ L ou } 197,875 \text{ m}^3$$

#### 5.3.2 Tratamento preliminar

##### 5.3.2.1 Canal da grade

Como início de dimensionamento temos como ponto de partida o dimensionamento do canal da grade, conforme informado será adotado o valor base de 1,4m

O diâmetro da tubulação que antecede a ETE é de 150mm e adotado a relação y/d de 0,75 temos a lâmina líquida de 0,1125m. assim é possível dimensionar a altura do canal.

$$H_c = \frac{0,1125}{1,4} = 0,08 \text{ m} \rightarrow 8,035 \text{ cm}$$

Declividade mínima.

$$a = \frac{0,08}{1 + 2 * 0,08} \rightarrow 0,069$$

$$I_{min} = 0,00015 \times (0,069 \times 1,4)^{-1} \rightarrow 0,0015 \text{ m/m}$$



Vazão resultante.

$$Q_{result} = 71,4286 \times 0,08 \times 1,4^{\frac{8}{3}} \times 0,00155^{\frac{1}{2}} \times 0,069^{\frac{2}{3}} = 0,093 m^3/s$$

Velocidade mínima.

$$VC = \frac{0,093}{0,08} \times 1,4^2 = 2,2785 m/s$$

### 5.3.2.2 Grade

Inicialmente para o dimensionamento da grade adota-se a perda de carga mínima de 0,15m e aceleração da gravidade de 9,81 m/s para determinar a velocidade de passagem pela grade.

$$0,15 = 1,429 \times \left( \frac{VG^2}{2(9,81)} \times \frac{2,2785^2}{2(9,81)} \right) = 2,79 m/s$$

Quantidade de aço necessária.

$$Au = \frac{\left( \frac{2,92}{1000} \right)}{2,79} = 0,00105 m^2$$

Para os graus de limpeza manual, conforme indicado anteriormente no memorial descritivo, foi adotado um ângulo  $\alpha$  de 45°. Dessa forma, optou-se pelo uso de um grau médio, composto por barras retangulares com dimensões de 3/8" x 2" (10 x 50 mm), espaçadas entre si por 25 mm, com espessura de 10 mm e inclinadas a 45°. Com a seleção deste tipo de grau, é possível avaliar sua eficiência.

$$E = \frac{25}{10 + 25} = 71,41\%$$

Assim, a área da seção necessária para escoamento.

$$S = \frac{0,00694}{0,714} = 0,00972 \text{ m}^2$$

Sabendo-se que o canal possui base retangular e que posteriormente será dimensionada a altura da caixa de areia, pode-se dimensionar a base da grade pela seguinte Equação:

$$B_g = \frac{0,00972}{0,188} = 0,0517 \text{ m} = 5,17 \text{ cm}$$

Tendo-se a perda de carga, altura da caixa de areia e lâmina d'água é possível calcular a altura do degrau x :

$$x = 0,15 + 0,188 - 0,1125 = 0,2255 \text{ m} = 22,55 \text{ cm}$$

### 5.3.2.3 Dimensionamento da Caixa de Areia

Para a vazão máxima de projeto de 2,92 L/s têm-se uma Calha Parshall de 3" com  $w = 0,076 \text{ m}$  com vazão máxima de 53,8 l/s. Pode-se determinar as alturas máxima e mínima da lâmina líquida no Parshall através das Equações a seguir:

$$\frac{2,92}{1000} = 2,2 \times 0,076 \times H_{\max}^{\frac{3}{2}} = 0,0204 \text{ m} = 2,04 \text{ cm}$$

$$\frac{0,81}{1000} = 2,2 \times 0,076 \times H_{\min}^{\frac{3}{2}} = 0,013 \text{ m} = 1,3 \text{ cm}$$

Tendo-se as vazões máxima e mínima e as alturas da lâmina líquida no Parshall é possível determinar a altura do degrau Z:

$$Z = \frac{(0,00292 \times 0,013) - (0,00081 \times 0,024)}{(0,00292 - 0,00081)} = 0,0087 \text{ m} = 0,87 \text{ cm}$$

Sendo assim, a altura máxima e mínima da caixa de areia (altura da lâmina líquida antes do rebaixo Z) é dada pela seguinte Equação:

$$h_{\max} = 0,0204 - 0,0087 = 0,0117 \text{ m} = 1,17 \text{ cm}$$

$$h_{\min} = 0,013 - 0,0087 = 0,0043 \text{ m} = 0,43 \text{ cm}$$

Conforme visto no memorial, será adotado uma velocidade horizontal de passagem de esgoto de 0,30 m/s, a base do canal é dada pela Equação:

$$B_c = \frac{0,00292}{0,30 \times 0,188} = 0,0517 \text{ m} = 5,17 \text{ cm}$$

Também será adotado uma taxa de escoamento superficial de 1300 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. dia ou seja 0,01505 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.s. Portanto a área pode ser determinada pela Equação a seguir:

$$A = \frac{0,00292}{0,01505} = 0,19 \text{ m}^2$$

O comprimento da caixa de areia será, portanto, de 3,75 m.

$$L = \frac{0,19}{0,0517} = 6,67 \text{ m}$$

Para a profundidade do depósito de areia serão considerados 30 L de retenção de material a cada 1000 m<sup>3</sup> e limpeza manual a cada 14 dias, portanto a quantidade de material

$$M_r = \frac{139,968 \times 30 \times 10^{-6} \times 14}{1000} = 0,0589 \text{ m}^3$$

Assim, pode-se ter a profundidade da caixa de areia pela seguinte Equação:

$$P = \frac{0,0589}{0,19} = 0,310\text{m} = 31,0 \text{ cm}$$

### 5.3.3 Altura do tanque séptico

De acordo com a tabela A.3 da NBR 17076/24 determina que para valores superiores a 10m<sup>3</sup> utilize-se profundidade mínima de 1,8 metros e máxima de 2,8 metros.

### 5.4 Dimensionamento do Reator

. Estimativas das concentrações diária de DBO e DQO.

$$C_{diaria} = 251.944 \text{ m}^3/\text{dia} \times 1,2 \rightarrow 302,3328 \text{ kg}/\text{dia}$$

. Volume calculado em função do tempo.

$$V = 8h \times \frac{10,5\text{m}^3}{h} \rightarrow 84\text{m}^3$$

. Carga Hidráulica volumétrica (CHV).

$$CHV = \frac{251,944m^3/dia}{84m^3} \rightarrow 2,99m^3/m^3xdia$$

. Carga orgânica volumétrica (COV).

$$COV = \frac{251,44x1,2}{84} \rightarrow 3,592 KgDQO/(m^3xd - 1)$$

. Tempo de detenção hidráulica (TDH).

$$TDHQ_{máx} = \frac{84}{251,44} \rightarrow 0,33 horas$$

. Altura do reator.

$$H = 0,7 x 8 \rightarrow 5,6 m$$

. Área total do reator.

$$A = \frac{0,7}{5,6} \rightarrow 0,125 m^2$$

. Diâmetro do reator.

$$d = \sqrt{\frac{0,125x4}{\pi}} = 0,4 m$$

Como a norma estipula valor mínimo para diâmetro do reator em 1,10 metros temos então um reator com dimensão comerciais que atende a vazão do bairro abaixo na tabela 15.

Tabela 15- Dimensões e capacidade de vazão reator UASB

Altura	3,71m
Diâmetro	2,94m
Vazão para esgoto sanitário	45m <sup>3</sup> /dia

Fonte- loja águas claras engenharia. acesso (11/2024).

Para a vazão calculada de projeto de 84m<sup>3</sup> serão necessário a utilização de 2 reatores para atender a demanda do bairro.

. Número de distribuidores.

Considerando uma eficiência de 2 l/s por distribuidor

$$Nd = \frac{2,9166}{2} \rightarrow \text{aprox. 2 distribuidores}$$

### 5.5 Estimativa de eficiência do reator

A estimativa de remoção de DQO e DBO é calculada a partir das equações X a X, e permitem estimar a eficiência de reatores UASB operando na faixa de 20 a 27 0C, em função do tempo de detenção hidráulica:

. Edqo.

$$E_{dqo} = 100 \times (1 - 0,68 \times 8 - 0,35) \rightarrow 244,8\%$$

. Edbo.

$$E_{dbo} = 100 \times (1 - 0,70 \times 8 - 0,50) \rightarrow 225\%$$

. Concentração.

$$S = \frac{225 \times 1,2}{100} \rightarrow 2,7 \text{ mg/l}$$

$$S = \frac{244,8 \times 1,2}{100} \rightarrow 2,94 \text{ mg/l}$$

. Concentração de sólidos suspensos totais.

$$CSST = 102 \times 8 - 0,24 \rightarrow 815,76 \text{ mg/l}$$

## 5.6 Estimativa de custo para implantação

Para uma maior confiabilidade nos valores estimados, foram considerados também os valores *per capita* dos principais sistemas de tratamentos de esgotos, conforme Von Sperling (2015):

. Custo de implantação para reator UASB + filtro anaeróbio.

$$\text{Custo de implantação} = 57,50 \times 875 \rightarrow 50312,5 \text{ R\$}$$

. Custo de operação para reator UASB + filtro anaeróbio.

$$\text{Custo de operação} = 4,5 \times 875 \rightarrow 3937,5 \text{ R\$}$$

## 5.7 Destinação final para os resíduos sólidos

Em relação a destinação final, existem várias maneiras, mas as mais utilizadas são descarte do lodo em aterros sanitários, e o descarte do lodo líquido, bombeado através de dutos

até alto-mar – descarga oceânica. Tendo em vista a grande força das fazendas de café da região a melhor destinação para os resíduos seria com fertilizante.

### 5.8 Implantação do sistema de coleta de esgoto no bairro

O estudo de caso implica para a implantação do sistema de esgoto para atender o bairro Parque das águas em Guapé será realizado por meio de planilhas retiradas da SETOP-MG/2020 que estarão no apêndice B. Com base nas informações obtidas das planilhas da SETOP-MG/2020 e do dimensionamento da tubulação encontrada no apêndice C, isso se mostra necessário devido ao tipo de coleta realizado atualmente que é de forma individual por meio de fossas sépticas e cisternas, onde o órgão responsável pela distribuição de água potável e de coleta de esgoto não implantou o sistema unificado de coleta de resíduos sanitários.

Como o bairro já possui pavimentação asfáltica também foi custeado a mão de obra e equipamentos necessários para a demolição e recapeamento da pavimentação nas faixas onde a tubulação será devidamente implantada na tabela 16 abaixo temos a descrição do serviço e valor para essa etapa do projeto.

Tabela 16 - Composição de preços para demolição e recapeamento de asfalto

Serviço	Preço unitário (\$)	Quantidade projeto	Valor total (\$)
Demolição de revestimento asfáltico	9,693/m <sup>3</sup>	2835,83 m (faixa média de 3 metros com espessura média de 8cm)	6497,05
Execução e aplicação de concreto asfáltico	142,24/m <sup>3</sup>	2835,83 m (faixa média de 3 metros com espessura média de 8cm)	96808,43
VALOR TOTAL			103305,48

Fonte: o autor adaptado da SETOP-MG/2020

### 5.9 Custo total da implantação do sistema de tratamento e rede de coleta de esgoto

Abaixo temos a tabela 17 que contém o resumo de custo da operação de coleta e tratamento de esgoto para o bairro Parque das Águas em Guapé-mg considerando o custo de operação do sistema por ano.



Tabela 17- Custo total de implantação do sistema de coleta e tratamento de esgoto

<b>Serviços preliminares</b>	<b>274.358,93 R\$</b>
<b>Demolição</b>	<b>6.597,05 R\$</b>
<b>Tubulações</b>	<b>1.609.971,76 R\$</b>
<b>Recapeamento</b>	<b>96.808,43 R\$</b>
<b>Tratamento preliminar</b>	<b>31.543,09 R\$</b>
<b>Reator UASB</b>	<b>69.781,98 R\$</b>
<b>Valor total</b>	<b>2.088.998,23 R\$</b>

Fonte: o autor (2024)

### 5.10 Escolha do local para implantação do CTE

Abaixo temos a figura 14 abaixo podemos ver o local mais propicio para a instalação do projeto que se localiza na área destinada a prefeitura do município e que não necessita de um centro elevatório para redirecionar o esgoto coletado.

Figura 14- Área de implantação



Fonte: Adaptado Google Earth (2024)

## 6. CONCLUSÃO

A proposta apresentada para a criação de um sistema de tratamento de esgoto no bairro "Parque das Águas" evidencia a viabilidade e a importância de investimentos em saneamento básico em regiões carentes de infraestrutura adequada. O diagnóstico inicial da área permitiu identificar pontos críticos, como a dependência de fossas sépticas e o impacto negativo do esgoto não tratado sobre o meio ambiente e o turismo local. A solução proposta – um sistema de reator UASB combinado com um filtro anaeróbio – foi escolhida com base em sua eficiência comprovada na redução de matéria orgânica e coliformes fecais, bem como em sua adequação ao contexto econômico e geográfico de Guapé.

O reator UASB apresenta-se como uma tecnologia eficaz e de baixo custo operacional, pois demanda pouca manutenção e gera lodo estabilizado, o que facilita o manejo e a destinação final. O filtro anaeróbio, por sua vez, complementa o tratamento, aprimorando a qualidade do efluente antes do descarte final no ambiente. A implantação desse sistema permitirá a eliminação gradual das fossas sépticas, reduzindo o risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Adicionalmente, o projeto inclui um centro elevatório de esgoto para direcionar o efluente tratado, tornando possível sua utilização em atividades de irrigação urbana, como o paisagismo local.

Diante do exposto, conclui-se que a implementação da estação de tratamento de esgoto proposta trará significativos benefícios ambientais, sanitários e econômicos ao bairro "Parque das Águas" e à cidade de Guapé. Além de reduzir os impactos ambientais e promover a saúde pública, a estação de tratamento também apoia o turismo sustentável, um importante pilar econômico da região. A execução desse projeto contribuirá para o fortalecimento da infraestrutura de saneamento e para o desenvolvimento sustentável de Guapé, servindo como modelo para outras localidades com características e desafios semelhantes.

## 6.1 Aplicação do método a outros bairros do município

Com base nos estudos e métodos desenvolvidos no trabalho foi possível criar uma planilha que dimensiona o reator UASB com base no número de ligações e no padrão de residências do mesmo, podendo ser utilizado por loteadoras ou pelo órgão responsável pela coleta e descarte do esgoto da área de estudo. Abaixo segue a tabela 18 que mostra o dimensionamento da ETE para o bairro parque das águas e nos anexos F e G a utilização da mesma para dimensionar o reator para o Bairro Cândido Barbosa e Lagoa Azul respectivamente.

Tabela 18- Dimensionamento do reator (UASB) pela planilha

<b>DIMENSIONAMENTO DE REATOR UASB</b>			
<b>NOME DO BAIRRO:</b>	PARQUE DAS ÁGUAS		<b>DATA:</b> 07/11/2024
<b>CIDADE:</b>	GUAPÉ-MG		
<b>N° INSTALAÇÕES</b>	175	<b>CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA (q)</b>	160 m <sup>3</sup> /s
<b>PADRÃO DO LOTEAMENTO</b>	ALTO PADRÃO	<b>LODO FRESCO (Lf)</b>	1 l/hab/dia
		<b>TEMPO DE DETENÇÃO (T) (NORMA)</b>	8 hrs
		<b>TAXA DE ACOMULAÇÃO DE LODO FRESCO (K)</b>	65
		<b>NUMERO DE UNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO (N)</b>	875 HAB.
<b>DIMENSIONAMENTO DO REATOR</b>			
<b>VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO(m<sup>3</sup>/s)</b>	2,92		<b>PARAMETROS DE NORMA</b>
<b>VOLUME TOTAL DO REATOR (m<sup>3</sup>)</b>	84,00		SEGUNDO A NBR 17076/2024 DETERMINA O TANQUE SÉPTICO CILINDRICO OU PRISMÁTICO (REATOR) QUE SEU DIÂMETRO MÍNIMO DE 1,10m E TAMBÉM UMA RELAÇÃO ALTURA X DIÂMETRO DE NO MÍNIMO 3:1 E MÁXIMO DE 5:1
<b>ALTURA DO REATOR(m)</b>	5,6	-> 5,6	
<b>ÁREA ÚTIL DO REATOR(m<sup>2</sup>)</b>	0,125		<b>OBSERVAÇÕES</b>
<b>DIÂMETRO DO REATOR (m)</b>	0,40	-> 1,87	configuração 2
<b>N° DE REATORES(und)</b>	1,5	-> 2	NOTA: COM O DESENVOLVIMENTO DE REATORES PRODUZIDOS EM GRANDE ESCALA (COMERCIAIS) SE MOSTRA MELHOR ENCONTRAR UM QUE ATENDA A VAZÃO DO PROJETO E ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO

Fonte:O autor (2024)

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.648: **Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12209: **Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 2011.

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

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário: **Projeto e execução**. Rio de Janeiro, 1999.

BRASIL. **Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento**. 3. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2006. Disponível em: Acesso em: 10 mai. 2024.

CAMPOS, J.R. Alternativas para tratamento de esgoto. Americana/SP.1994.

CONAMA, Resolução 237/97.

CONAMA, Resolução 357/05.

CONAMA, Resolução 377/06.

COPASA. Dados sobre processos de tratamento de esgoto. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid34>. Acesso em 15 maio 2024.

NUVOLARI, A. Esgoto sanitário: **coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAPÉ, Dados sobre a cidade. Disponível: <http://www.guape.mg.gov.br>. Acesso em 15 maio 2024.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias - **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – **Lagoas de estabilização**. 3ª Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – **Princípios básicos do tratamento de esgoto**. 3ª Edição. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

**Anexo 1 – Localização de Guapé no mapa de Minas Gerais**



**Apêndice A – localização de pontos de descarte de esgoto; bairro de estudo; ponto de abastecimento**



## PLANILHA DE SERVIÇOS

PLANILHA DE SERVIÇOS								
<b>OBRA:</b>	IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO PRA O BAIRRO PARQUE DAS ÁGUAS						<b>DATA:</b>	04/11/2024
<b>LOCAL:</b>	GUAPÉ-MG							
ITEM	FONTE	CÓDIGO	DISCRIMINAÇÃO	UNID	QUANTID	PR. UNIT.	PR. TOTAL	
<b>1</b>			<b>SERVIÇOS PRELIMINARES</b>				<b>274.358,93</b>	
1.1	SETOP	ED-0706	Mobilização e desmobilização de pessoal e equipamentos	Vb	1,00	0,00	-	
1.2	SETOP	ED-0704	Instalação de canteiro de obras	vb	1,00	84.350,00	84.350,00	
1.3	SETOP	ED-0705	Administração local ( engenheiro civil, encarregado de obras, técnico de segurança)	mes	0,10	1.899.089,30	189.908,93	
1.4	SETOP	ED-0707	Placa de obra (1m x 1,5m)	unid	1,00	100,00	100,00	
							-	
							-	
							-	
							-	
							-	
<b>2</b>			<b>DEMOLIÇÃO</b>				<b>6.597,05</b>	
2.1	SETOP	ED-48492	Demolição de revestimento asfáltico	m²	680,60	9,69	6.597,05	
							-	
							-	
							-	
							-	
<b>3</b>			<b>TUBULAÇÕES</b>				<b>1.609.971,76</b>	
3.1	SETOP	ED-50107	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 200mm	m	766,30	67,02	51.357,43	
3.2	SETOP	ED-50109	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 300mm	m	1.006,33	170,44	171.518,89	
3.3	SETOP	ED-50110	Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 400mm	m	184,60	275,80	50.912,68	
3.4	ESTIMATIVA		Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 500mm	m	163,00	544,83	88.807,29	
3.5	ESTIMATIVA		Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 600mm	m	131,20	978,77	128.414,62	
3.6	ESTIMATIVA		Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 700mm	m	404,00	1.678,66	678.178,64	
3.7	ESTIMATIVA		Fornecimento e assentamento de tubo PVC rígido DN 900mm	m	157,00	2.807,53	440.782,21	
<b>5</b>			<b>RECAPEAMENTO</b>				<b>96.808,43</b>	
5.1	SETOP	ED-7624	Execução e aplicação de concreto asfáltico	m²	680,60	142,24	96.808,43	
							-	
							-	
							-	
							-	
<b>6</b>			<b>TRATAMENTO PRELIMINAR (canal da grade; caixa de areia; calha parshall)</b>				<b>31.543,09</b>	
6.1	DADOS COTADOS		Canal da grade	und	1,00	30.450,00	30.450,00	
6.2	DADOS COTADOS		Caixa de areia	und	1,00	93,09	93,09	
6.3	DADOS COTADOS		Calha parshall 3"	m	1,00	1.000,00	1.000,00	
							-	
<b>7</b>			<b>REATOR UASB</b>				<b>73656,48</b>	
7.1	DADOS COTADOS		Reator usab 20m³ aguas claras	und	2,00	32.890,74	65.781,48	
7.2	DADOS CALCULADOS		Custo de operação estimado	ano	1,00	7.875,00	7.875,00	
							-	
							-	
							-	
							-	
<b>CUSTO TOTAL</b>							<b>2.092.935,73</b>	

FONTE: O AUTOR (2024)



## CALCULO DAS VAZOES DOS TRECHOS

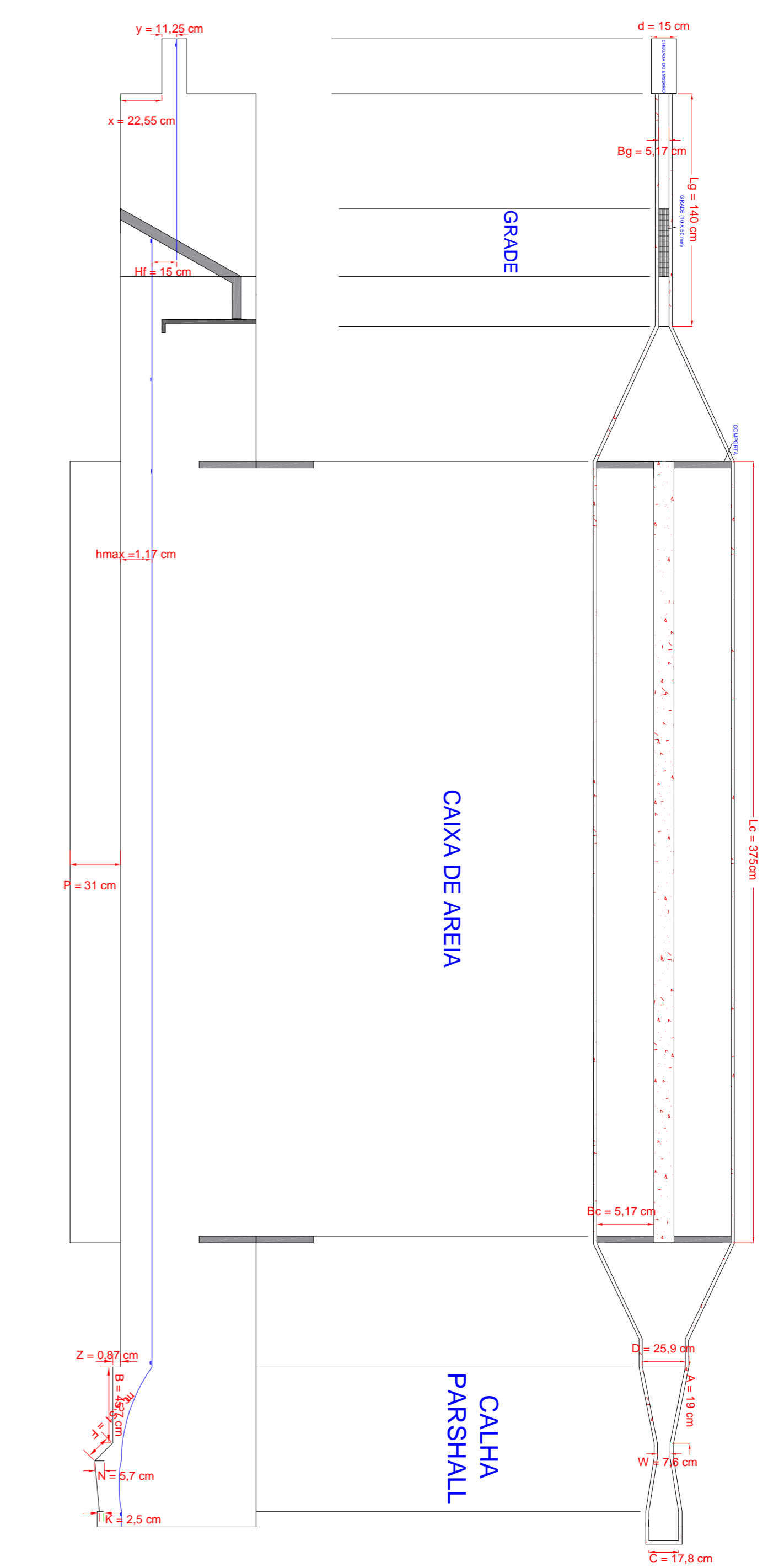
	N° RESIDENCIAS	INCLINAÇÃO DO TRECHO (m/m)	VAZÃO POR TRECHO (l/s . m)	Tx POR TRECHO (m³/s . m)	VAZÃO SOMADA POR TRECHOS	φ (m)
TRECHO 01	7	0,06	0,12	0,72	0,72	0,2
TRECHO 02	4	0,02	0,07	1,72	1,72	0,6
TRECHO 03	6	0,09	0,10	2,53	6,53	0,5
TRECHO 04	7	0,13	0,12	2,07	12,07	0,5
TRECHO 05	11	0,10	0,18	1,08	14,45	0,4
TRECHO 06	6	0,03	0,10	0,65	18,57	0,7
TRECHO 07	7	0,04	0,12	0,84	26,02	0,7
TRECHO 08	4	0,04	0,07	0,62	29,96	0,9
TRECHO 09	19	0,05	0,32	1,80	1,80	0,2
TRECHO 10	4	0,03	0,07	0,87	0,87	0,3
TRECHO 11	18	0,06	0,30	2,28	2,28	0,3
TRECHO 12	19	0,04	0,32	2,27	2,27	0,3
TRECHO 13	9	0,11	0,15	1,21	4,82	0,3
TRECHO 14	3	0,06	0,05	1,16	1,16	0,3
TRECHO 15	6	0,02	0,10	1,35	2,50	0,6
TRECHO 16	2	0,08	0,03	0,85	0,85	0,2
TRECHO 17	2	0,07	0,03	0,99	0,99	0,3
TRECHO 18	7	0,08	0,12	1,26	1,26	0,2
TRECHO 19	7	0,10	0,12	1,66	2,92	0,3
TRECHO 20	4	0,11	0,07	1,61	2,61	0,3
TRECHO 21	2	0,09	0,03	0,94	1,81	0,3
TRECHO 22	16	0,06	0,27	2,05	2,05	0,3
TRECHO 23	11	0,07	0,18	1,20	1,20	0,2
TRECHO 24	2	0,14	0,03	0,86	3,47	0,3
TRECHO 25	2	0,07	0,03	0,78	4,55	0,5
					<b>VAZÃO TOTAL L/S</b>	<b>2,92</b>
					<b>COMPRIMENTO TOTAL (m)</b>	<b>2835,83</b>

FONTE: O AUTOR (2024)

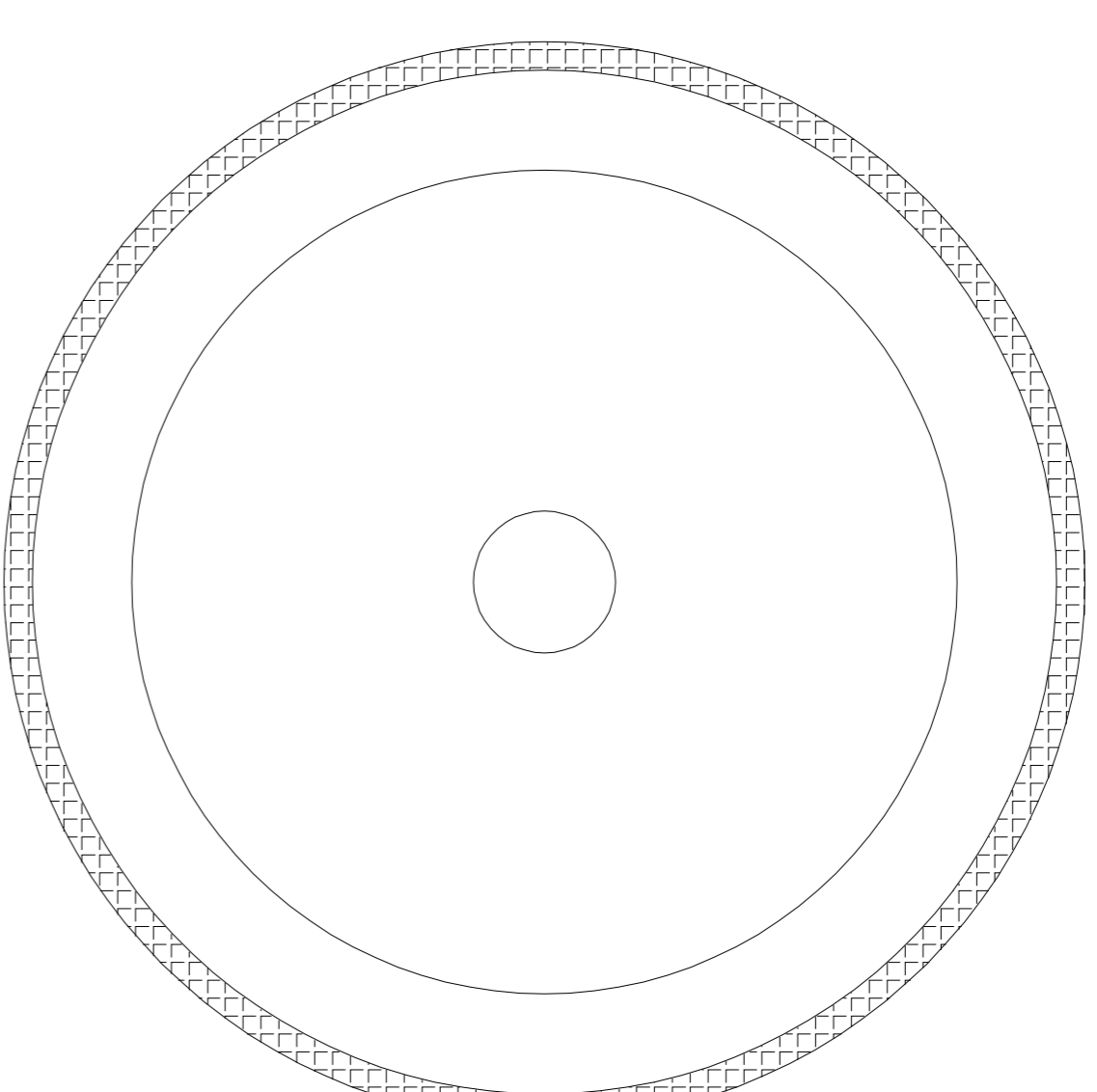
# CALCULO DAS INCLINAÇÕES

	COTA MONTANTE (m)	COTA JUSANTE(m)	COMPRIMENTO DO TRECHO(m)	l	φ (m)
TRECHO 01	810	797	224	0,06	0,2
TRECHO 02	810	809	44	0,02	0,6
TRECHO 03	809	805	42,9	0,09	0,5
TRECHO 04	804	796	62,5	0,13	0,5
TRECHO 05	795	774	208	0,10	0,4
TRECHO 06	772	765	222	0,03	0,7
TRECHO 07	774	766	182	0,04	0,7
TRECHO 08	782	776	157	0,04	0,9
TRECHO 09	797	787	198	0,05	0,2
TRECHO 10	802	799	100	0,03	0,3
TRECHO 11	809	801	144	0,06	0,3
TRECHO 12	805	799	153	0,04	0,3
TRECHO 13	793	776	149	0,11	0,3
TRECHO 14	799	796	52,2	0,06	0,3
TRECHO 15	798	796	87,2	0,02	0,6
TRECHO 16	782	778	51,3	0,08	0,2
TRECHO 17	790	787	41,93	0,07	0,3
TRECHO 18	797	788	110	0,08	0,2
TRECHO 19	786	778	79,9	0,10	0,3
TRECHO 20	786	781	47,2	0,11	0,3
TRECHO 21	799	795	44,9	0,09	0,3
TRECHO 22	780	772	144	0,06	0,3
TRECHO 23	793	781	183	0,07	0,2
TRECHO 24	780	773	50,2	0,14	0,3
TRECHO 25	770	766	57,6	0,07	0,5

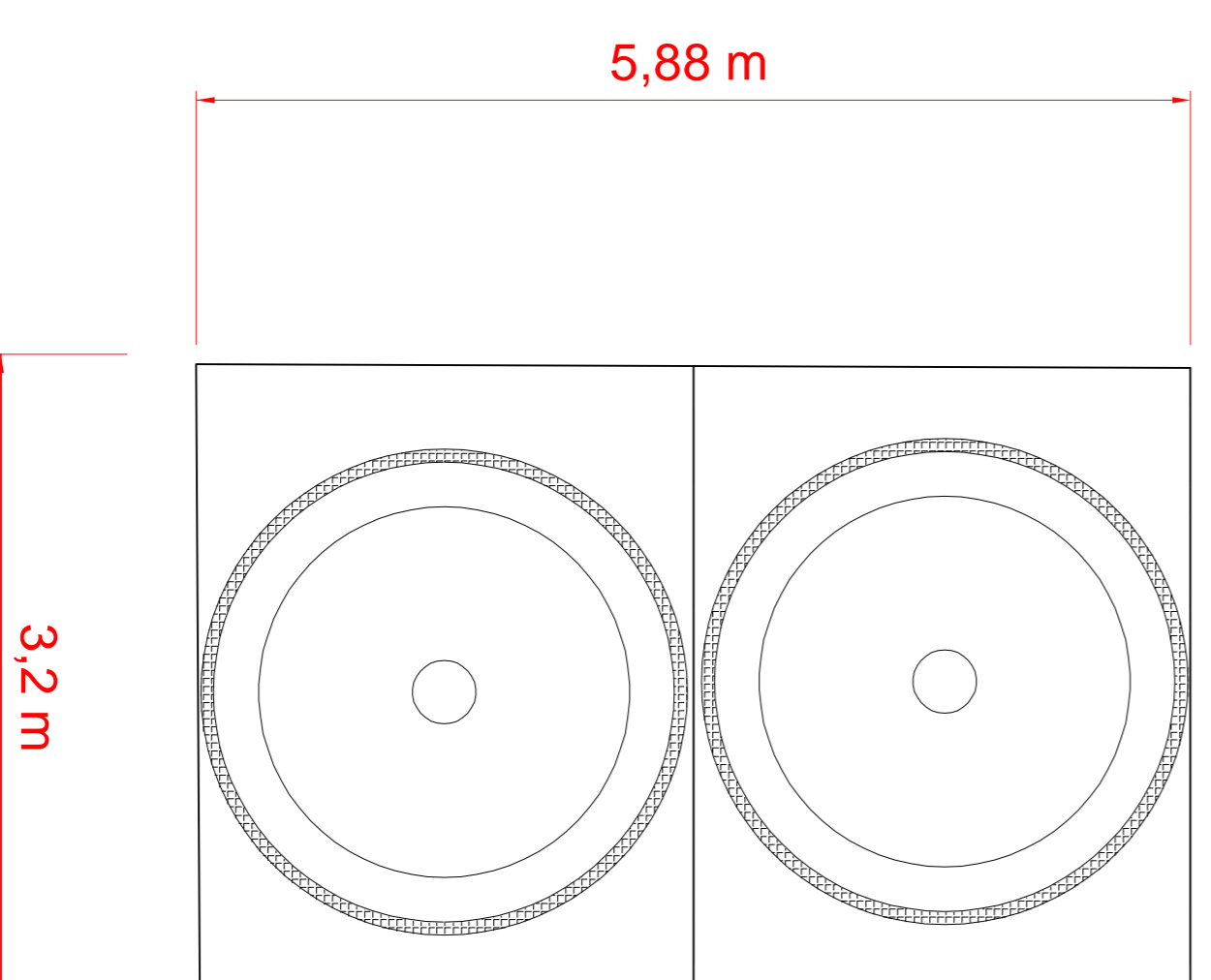
FONTE: O AUTOR (2024)



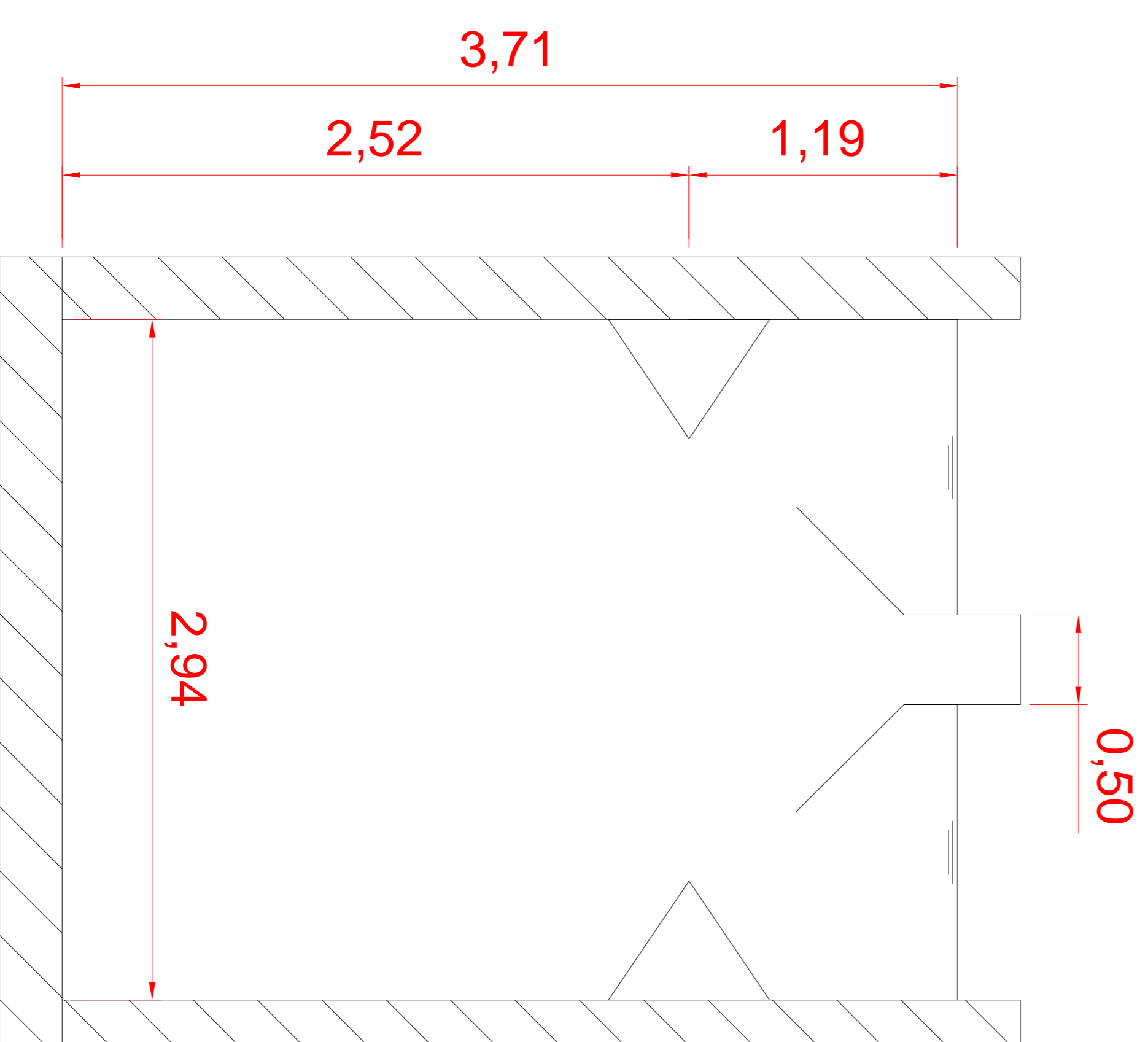
PLANTA E CORTE DO TRATAMENTO PRELIMINAR  
SEM ESCALA



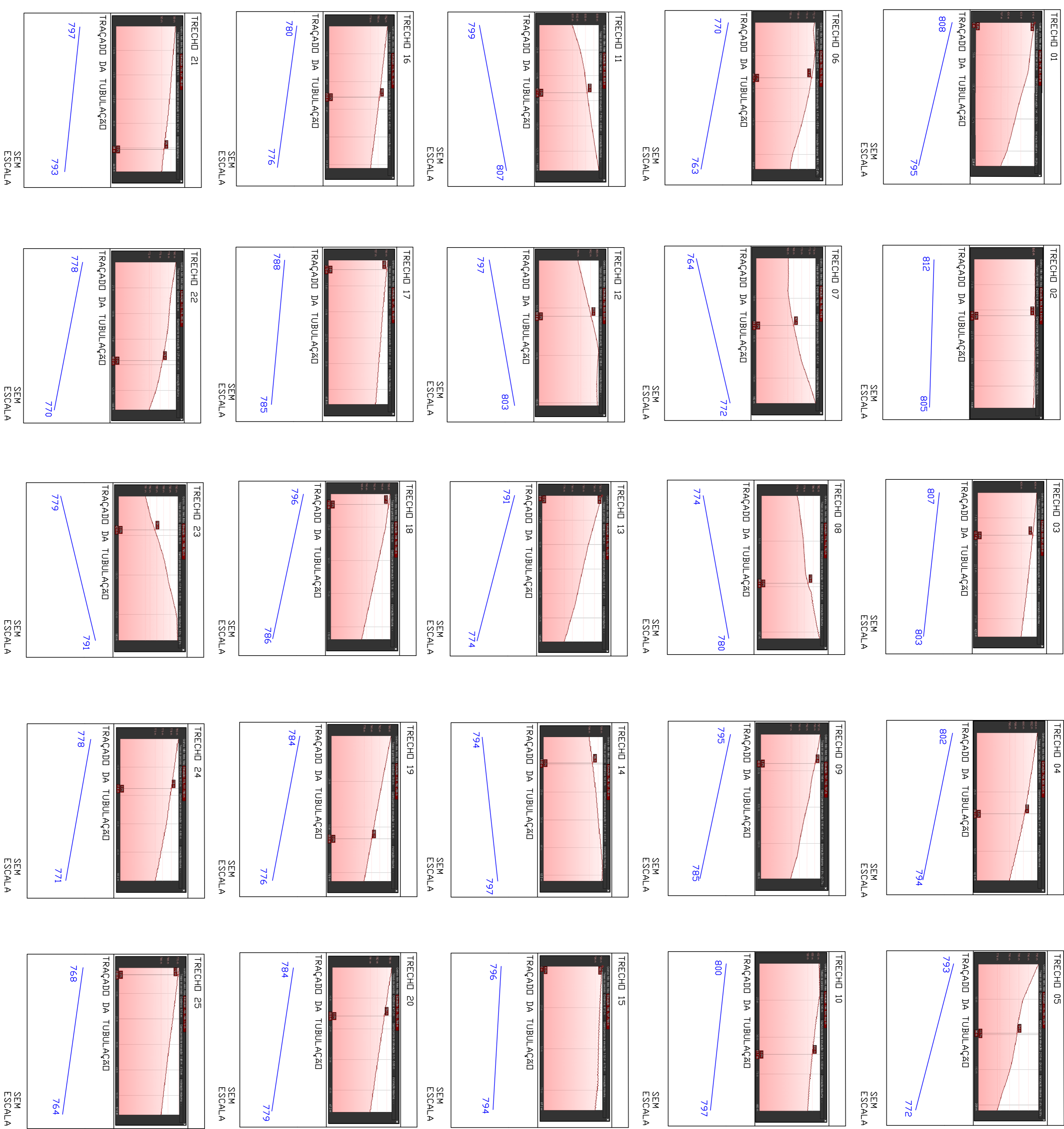
VISTA SUPERIOR DE CADA DISTRIBUIDOR PARA O REATOR UASB  
SEM ESCALA



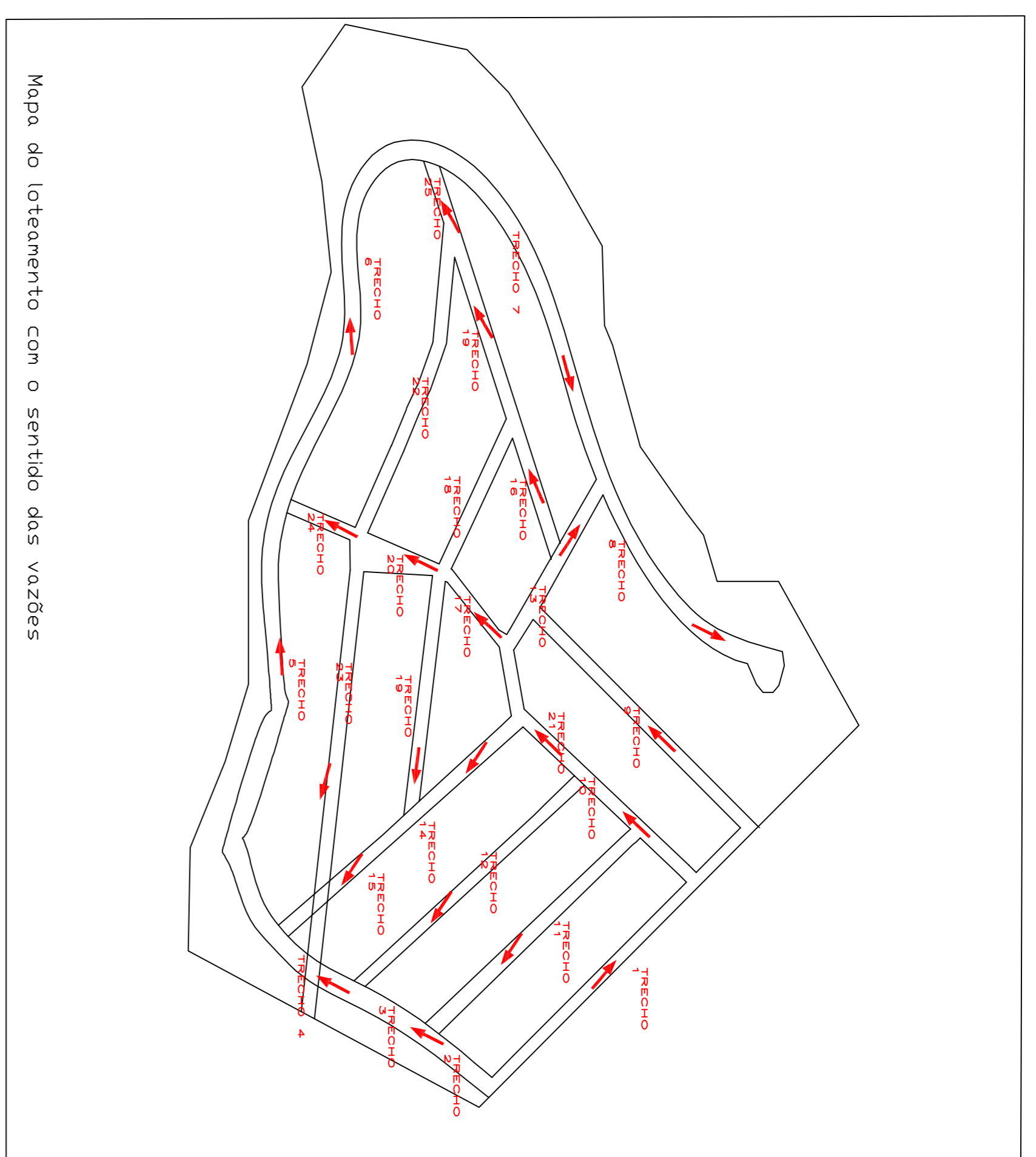
PLANTA DO REATOR UASB COM SEUS DISTRIBUIDORES  
SEM ESCALA



VISTA LATERAL DE CADA DISTRIBUIDOR PARA O REATOR UASB  
SEM ESCALA



FONTE: ADAPTADO GOOGLE EARTH (2024)



FONTE: O AUTOR (2024)

CÁLCULO DAS INCLINAÇÕES				
TRECHO	COTA MONTANTE (m)	COTA JUSANTE (m)	COMPRIMENTO DO TRECHO (m)	$\phi$ (m)
TRECHO 01	810	797	224	0,06
TRECHO 02	810	44	0,02	0,2
TRECHO 03	809	805	42,9	0,09
TRECHO 04	804	796	62,5	0,13
TRECHO 05	795	774	208	0,10
TRECHO 06	772	765	222	0,03
TRECHO 07	774	766	182	0,04
TRECHO 08	782	776	157	0,04
TRECHO 09	797	787	198	0,05
TRECHO 10	802	799	100	0,03
TRECHO 11	809	801	144	0,06
TRECHO 12	805	799	153	0,04
TRECHO 13	793	776	149	0,11
TRECHO 14	799	796	52,2	0,06
TRECHO 15	798	796	87,2	0,02
TRECHO 16	782	778	51,3	0,08
TRECHO 17	790	787	41,93	0,2
TRECHO 18	797	788	110	0,08
TRECHO 19	786	778	77,8	0,10
TRECHO 20	786	781	79,9	0,11
TRECHO 21	799	795	47,2	0,09
TRECHO 22	780	772	144	0,06
TRECHO 23	793	781	183	0,07
TRECHO 24	780	773	90,2	0,14
TRECHO 25	770	766	57,6	0,07

FONTE: O AUTOR (2024)

## DIMENSIONAMENTO DE REATOR UASB

NOME DO BAIRRO:	CÂNDIDO BARBOSA	DATA:	07/11/2024
CIDADE:	GUAPÉ-MG		

N° INSTALAÇÕES	543	CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA (q)	130 m³/s
PADRÃO DO LOTEAMENTO	MÉDIO PADRÃO	LODO FRESCO (Lf)	1 l/hab/dia
		TEMPO DE DETENÇÃO (T) (NORMA)	8 hrs
		TAXA DE ACOMULAÇÃO DE LODO FRESCO (K)	65
		NUMERO DE UNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO (N)	1629 HAB.

### DIMENSIONAMENTO DO REATOR

VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO(m³/s)	4,41				PARAMETROS DE NORMA
VOLUME TOTAL DO REATOR (m³)	127,06				SEGUNDO A NBR 17076/2024 DETERMINA O TANQUE SÉPTICO CILINDRICO OU PRISMATICO (REATOR) QUE SEU DIÂMETRO MINIMO DE 1,10m E TAMBÉM UMA RELAÇÃO ALTURA X DIÂMETRO DE NO MINIMO 3:1 E MAXIMO DE 5:1
ALTURA DO REATOR(m)	5,6	->	5,6	configuração 1	
ÁREA ÚTILL DO REATOR(m²)	0,125				
DIAMETRO DO REATOR (m)	0,40	->	1,87	configuração 2	NOTA: COM O DESENVOLVIMENTO DE REATORES PRODUZIDOS EM GRANDE ESCALA (COMERCIAIS) SE MOSTRA MELHOR ENCONTRAR UM QUE ATENDA A VAZÃO DO PROJETO E AREA DISPONIVEL PARA INSTALAÇÃO
N° DE REATORES(und)	2,2	->	3,0		

### CUSTO DA IMPLANTAÇÃO

TRATAMENTO PRELIMINAR(CANAL DA GRADE, CAIXA DE AREIA E CALHA PARSHALL)	R\$ 31.543,09
REATOR UASB 20M³	R\$ 98.672,22
CUSTO PREVISTO DE OPERAÇÃO	R\$ 11.812,50

**VALOR TOTAL:**

R\$ 142.027,81

## DIMENSIONAMENTO DE REATOR UASB

NOME DO BAIRRO:	LAGOA AZUL	DATA:	07/11/2024
CIDADE:	GUAPÉ-MG		

N° INSTALAÇÕES	279	CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA (q)	130 m³/s
PADRÃO DO LOTEAMENTO	MÉDIO PADRÃO	LODO FRESCO (Lf)	1 l/hab/dia
		TEMPO DE DETENÇÃO (T) (NORMA)	8 hrs
		TAXA DE ACOMULAÇÃO DE LODO FRESCO (K)	65
		NUMERO DE UNIDADES DE CONTRIBUIÇÃO (N)	837 HAB.

### DIMENSIONAMENTO DO REATOR

VAZÃO DE DIMENSIONAMENTO(m³/s)	2,27				PARAMETROS DE NORMA
VOLUME TOTAL DO REATOR (m³)	65,29				SEGUNDO A NBR 17076/2024 DETERMINA O TANQUE SÉPTICO CILINDRICO OU PRISMÁTICO (REATOR) QUE SEU DIÂMETRO MÍNIMO DE 1,10m E TAMBÉM UMA RELAÇÃO ALTURA X DIÂMETRO DE NO MÍNIMO 3:1 E MÁXIMO DE 5:1
ALTURA DO REATOR(m)	5,6	->	5,6	configuração 1	
ÁREA ÚTIL DO REATOR(m²)	0,125				
DIÂMETRO DO REATOR (m)	0,40	->	1,87	configuração 2	NOTA: COM O DESENVOLVIMENTO DE REATORES PRODUZIDOS EM GRANDE ESCALA (COMERCIAIS) SE MOSTRA MELHOR ENCONTRAR UM QUE ATENDA A VAZÃO DO PROJETO E ÁREA DISPONÍVEL PARA INSTALAÇÃO
N° DE REATORES(und)	1,1	->	2,0		

### CUSTO DA IMPLANTAÇÃO

TRATAMENTO PRELIMINAR(CANAL DA GRADE, CAIXA DE AREIA E CALHA PARSHALL)	R\$ 31.543,09
REATOR UASB 20M³	R\$ 65.781,48
CUSTO PREVISTO DE OPERAÇÃO	R\$ 7.875,00

**VALOR TOTAL:**

R\$ 105.199,57