

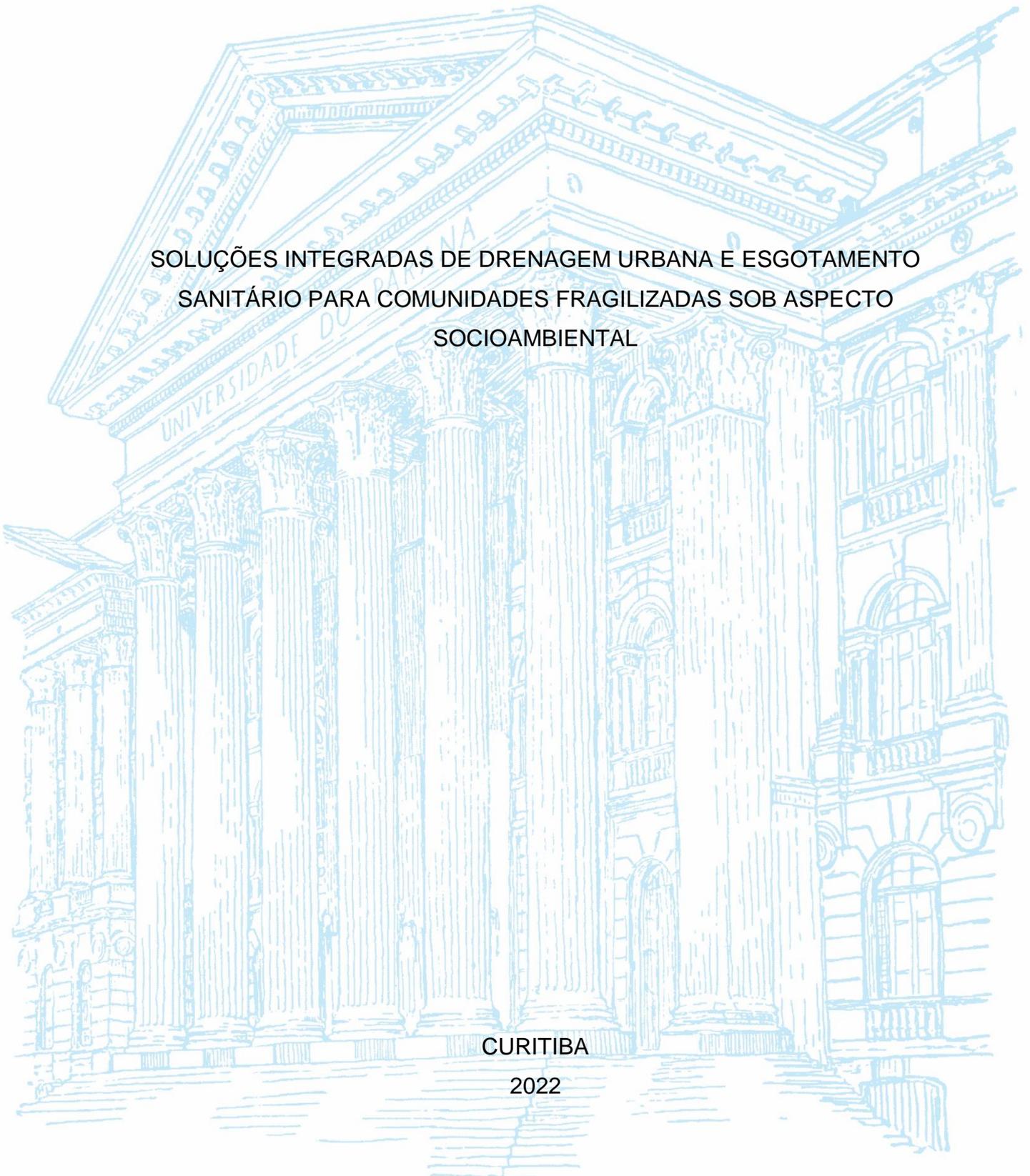
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

THALES MIRANDA DE FREITAS

SOLUÇÕES INTEGRADAS DE DRENAGEM URBANA E ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO PARA COMUNIDADES FRAGILIZADAS SOB ASPECTO  
SOCIOAMBIENTAL

CURITIBA

2022



THALES MIRANDA DE FREITAS

SOLUÇÕES INTEGRADAS DE DRENAGEM URBANA E ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO PARA COMUNIDADES FRAGILIZADAS SOB ASPECTO  
SOCIOAMBIENTAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Engenharia Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Costa dos Santos

CURITIBA-PR

2022



## TERMO DE APROVAÇÃO DE PROJETO FINAL

THALES MIRANDA DE FREITAS

SOLUÇÕES INTEGRADAS DE DRENAGEM URBANA E ESGOTAMENTO  
SANITÁRIO PARA COMUNIDADES FRAGILIZADAS SOB ASPECTO  
SOCIOAMBIENTAL

Projeto Final de Curso, aprovado como requisito parcial para a obtenção do Diploma de Bacharel em Engenharia Ambiental no Curso de Graduação em Engenharia Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, com nota 85, pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a):   
Prof(a). Dr(a). Daniel Costa dos Santos  
Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFPR.

Membro(a) 1:   
Prof(a). Dr(a). Ana Flavia Godoi  
Departamento de Engenharia Ambiental, UFPR.

Membro(a) 2:   
Prof(a). Dr(a). Ramiro Gonçalves Etchepare  
Departamento de Hidráulica e Saneamento, UFPR.

Foi pensando nas pessoas que executei este projeto, por isso dedico este trabalho a todos aqueles a quem está pesquisa possa ajudar de alguma forma.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados, durante todos os meus anos de faculdade.

Aos meus pais Gisele e Demóstenes e meus irmãos Gregory e Aléxia, que mesmo de longe me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste curso.

Aos meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional bons momentos vividos e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei a este curso e a este trabalho.

Ao Professor Dr, Daniel Costa dos Santos, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com paciência, apoio, dedicação e amizade.

E por fim a todos aqueles que contribuíram, de alguma forma, para a minha formação acadêmica e realização deste trabalho.

“Quando o último rio secar, a última árvore for cortada e o último peixe pescado, eles vão entender que dinheiro não se come”. (Cacique Seattle, 1855)

## RESUMO

A urbanização acelerada e desordenada observada nas últimas décadas tem instigado a ocupação de várzeas de rios. Associada à deficiência no gerenciamento de resíduos sólidos e no sistema de esgotamento sanitário, tal ocupação provoca um aumento nos riscos de inundação e proliferação de doenças em todo o país. Este trabalho apresenta o estudo de caso e concepção de soluções de saneamento ambiental integradas em um trecho da comunidade de Vila Nova, localizada na cidade de Colombo-PR. Realizou-se, em um primeiro momento, o levantamento das condições atuais da área de estudo com base em estudos anteriores e visitas ao local, em seguida foi feita a seleção prévia das possíveis e soluções de esgotamento sanitário e drenagem passíveis de serem aplicadas na área em estudo. Após disso, determinou-se tempos de retorno, tempos de concentração das bacias, intensidades de chuvas intensas, coeficientes de escoamento superficial da bacia e, por fim, as vazões de projeto, com base em levantamentos anteriores. Logo, indicou-se como alternativa para mitigação dos efeitos encontrados na comunidade a concepção de uma cisterna para armazenamento de água de chuvas como solução de drenagem e a concepção de um sistema de esgotamento sanitário composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e wetlands. As medidas indicadas neste estudo se baseiam nos princípios de sustentabilidade e buscam nortear ações públicas de gerenciamento de riscos e de ordenamento do uso e ocupação do solo voltadas à resolução dos problemas ambientais da comunidade de Vila Nova.

Palavras-chave: Saneamento Ambiental em Áreas Fragilizadas. Esgotamento urbano. Drenagem Sustentável. Saneamento Ambiental Integrado. Saneamento e Saúde.

## **ABSTRACT**

The accelerated and disorderly urbanization observed in the last decades has instigated the occupation of river floodplains. Associated with the deficiency in solid waste management and in the sanitary sewage system, such occupation causes an increase in the risks of flooding and the proliferation of diseases throughout the country. This work presents the case study and design of integrated environmental sanitation solutions in a stretch of the Vila Nova community, located in the city of Colombo-PR. At first, a survey of the current conditions of the study area was carried out based on previous studies and site visits, then a previous selection of possible solutions for sanitary sewage and drainage system that could be applied in the area where the study was made. After that, return times, basin concentration times, intense rainfall intensities, surface runoff coefficients of the basin and, finally, the project flows were determined, based on previous surveys. Therefore, it was indicated as an alternative to mitigate the effects found in the community the design of a cistern for storing rainwater as a drainage solution and the design of a sewage system composed of a septic tank, anaerobic filter and wetlands. The measures indicated in this study are based on the principles of sustainability and seek to guide public actions for risk management and land use and occupation planning aimed at solving the environmental problems of the Vila Nova community.

Keywords: Environmental Sanitation in Fragile Areas. Urban Sewage. Sustainable Drainage. Integrated Environmental Sanitation. Sanitation and Health.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – GRADIENTE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO, CONFORME SEU O SEU NIVEL DE CENTRALIZAÇÃO OU DESCENTRALIZAÇÃO.....	24
FIGURA 2 - FLUXOGRAMA PARA ESCOLHA DA TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM COMUNIDADES ISOLADAS. ....	28
FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE VILA NOVA - COLOMBO/PR .....	40
FIGURA 4 - CARTA DE RISCOS A DESLIZAMENTO DE TERRA.....	42
FIGURA 5 - MAPA DE BACIAS E SUB-BACIAS DA REGIÃO DE VILA NOVA, COLOMBO/PR.....	43
FIGURA 6 - BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO E CORPO HÍDRICO.....	44
FIGURA 7 – LIXO DEPOSITADO E EFLUENTE LANÇADO NO CÓRREGO .....	48
FIGURA 8 - TELHADO PARA COLETA E CISTERNA .....	50
FIGURA 9 – ENCANAMENTO LANÇANDO EFLUENTE NO CÓRREGO.....	51
FIGURA 10 - VISTA DE PLANTA DOS INTERCEPTORES E EMISSÁRIO .....	52
FIGURA 11 - VISTA EM PLANTA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	52
FIGURA 12 – VISTAS LATERAL E EM PLANTA DO TANQUE SÉPTICO.....	56
Figura 13 – VISTA EM CORTE E PLANTA DO FILTRO ANAERÓBIO .....	58
FIGURA 14 - PERSPECTIVA DE UMA WETLAND .....	59

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRINCIPAIS DOENÇAS ATRIBUÍVEIS A FATORES AMBIENTAIS....	21
TABELA 2 – NÚMERO DE MUNICIPIOS COM DOENÇAS ASSOCIADAS AO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL NO ANO DE 2008 .....	22
TABELA 3 – PRINCIPAIS VANTAGENS DO USO DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	25
TABELA 4 – TERMINOLOGIAS DOS SISTEMAS NÃO CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA .....	31
TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE SUDS .....	33
TABELA 6 - PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE ABORDAGEM CONVENCIONAL E ABORDAGEM ALTERNATIVA .....	34
TABELA 7 – TEMPO DE RECORRENCIA PARA DIFERENTE OCUPAÇÕES.....	38
Tabela 8 - COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICAL (C) .....	39
Tabela 9 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO .....	44
Tabela 10 - PRECIPITAÇÃO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO EM MM/H .....	45
Tabela 11 - VAZÕES DE PROJETO PARA CADA BACIA .....	45
TABELA 12 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco ( $L_f$ ) por tipo de prédio e de ocupante .....	54
TABELA 13 - PERÍODO DE DETENÇÃO DOS DESPEJOS, POR FAIXA DE CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA.....	54
TABELA 14 - TAXA DE ACUMULAÇÃO TOTAL DE LODO (K), EM DIAS, POR INTERVALO ENTRE LIMPEZAS E TEMPERATURA DO MÊS MAIS FRIO .....	54
TABELA 15 - ALTURA ÚTIL MÍNIMA E MÁXIMA .....	55
TABELA 16 – PERCENTUAL DE REDUÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO .....	62
TABELA 17 - CONCENTRAÇÕES DO ESGOTO DOMÉSTICO BRUTO .....	62
TABELA 18 – CARGAS DO ESGOTO DOMÉSTICO BRUTO .....	63
TABELA 19 – FAIXA PROVÁVEIS DE REMOÇÃO DOS POLUENTES, CONFORME TIPO DE TRATAMENTO, CONSIDERADAS EM CONJUNTO COM TANQUE SÉPTICO (%).....	64
TABELA 20 - PERCENTUAL TOTAL DE REMOÇÃO DE CONCENTRAÇÃO DOS POLUENTES .....	64

TABELA 21 - PERCENTUAL TOTAL DE REMOÇÃO DE CARGA DOS POLUENTES  
.....65

## **LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS**

ABES-SP – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária Ambiental de São Paulo

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AIS – Áreas de Interesse Social

APP – Áreas de Preservação Permanente

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DRSAI – Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LID – Desenvolvimento Urbano Baixo Impacto

NBR 8160/1999 – Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário

NBR 7229/1997 – Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos

NBR 13969/1997 – Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos

PLHIS – Plano Local de Habitação de Interesse Social de Colombo

SUDERHSA – Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

SUDS – Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>17</b>
<b>4 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>18</b>
4.1 ÁREAS FRAGILIZADAS .....	18
4.2 SANEAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS FRAGILIZADAS.....	19
4.3 SANEAMENTO AMBIENTAL E SAÚDE .....	19
4.4 TIPOLOGIAS DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM URBANA .....	22
4.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADOS .....	23
4.5.2 TRATAMENTO DE ESGOTO EM COMUNIDADES ISOLADAS.....	26
4.6 DRENAGEM URBANA.....	29
DRENAGEM SUSTENTÁVEL.....	30
4.6.1 SUDS (SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEIS) .....	32
4.6.2 LIDS (DESENVOLVIMENTO URBANDO DE BAIXO IMPACTO) .....	33
4.7 PARÂMETROS DE PROJETO .....	35
4.7.1 PRECIPITAÇÃO.....	35
4.7.2 Tempo de Concentração .....	36
4.7.3 Tempo de recorrência .....	37
4.7.4 Vazão de Projeto .....	38
4.7.4.1 Método Racional.....	38
4.7.4.2 Coeficiente de escoamento .....	39
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>39</b>
5.1 JUSTIFICATIVA DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
5.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	40
5.3 HIDROGRAFIA .....	42
5.4 ASPECTOS LEGAIS .....	46
5.5 ASPECTOS URBANÍSTICOS E ECONÔMICOS.....	47
5.6 SELEÇÃO DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE ESGOTAMENTO E DRENAGEM	
48	
5.7 DEFINIÇÃO E CONCEPÇÃO DAS SOLUÇÕES .....	49

5.8 DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES.....	53
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO 1 – RELÁTORIO FOTOGRÁFICO .....</b>	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A urbanização em países em desenvolvimento, em sua maioria, acontece de maneira acelerada e desordenada, no Brasil esse expressivo processo se iniciou na década de 60, a população urbana brasileira deu um salto desta década até 2010, subindo de 45% para 86% de acordo com o (IBGE, 2012). Neste processo, segundo (FROTA, 2008), foi dada ênfase ao embelezamento, ao saneamento e a retirada da camada mais fragilizada socioeconomicamente da população, para regiões distantes formando comunidades, conglomerados e favelas, e devido à falta de planejamento neste processo, estas regiões ficam localizadas em áreas de risco, como encostas e várzeas. Devido a este distanciamento dos grandes centros urbanos e muitas vezes por estarem em situação ilegal, estas regiões não receberam e não recebem investimento público para infraestrutura de esgotamento, drenagem e abastecimento de água, ocasionando sérios problemas de saúde e qualidade de vida para aqueles que a habitam.

De acordo com (MACHADO, 2016) os recursos hídricos são os mais afetados pela urbanização, mudando de fator atrativo de ocupação a local de destinação de efluentes paralelamente, a urbanização ainda leva ao aumento da impermeabilização do solo e remoção da cobertura vegetal, perturbando o escoamento superficial das águas pluviais e ocasionando um aumento considerável da vazão máxima dos rios, provocando inundações e algumas regiões.

Sendo assim, dada a dificuldade de as comunidades acessarem e/ou receberem os sistemas convencionais de esgotamento sanitário e drenagem urbana, é de muito interesse a investigação sobre o potencial de soluções alternativas. De modo a avaliar sob diferentes aspectos quais seriam essas possíveis soluções alternativas de esgotamento sanitário e drenagem urbana que trariam maior qualidade vida as comunidades de áreas fragilizadas?

Tendo em vista esse empasse entre a falta de investimento e soluções para drenagem e esgotamento em áreas fragilizadas, entende-se que soluções baseadas na natureza, nos princípios da sustentabilidade que ao serem trabalhadas de maneira integrada, devem atender as demandas sociais por saneamento ambiental e, em consequência, promover a qualidade de vida dessas regiões.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo possui como objetivo identificar e propor possíveis soluções de saneamento ambiental integrado (esgotamento sanitário e drenagem urbana) para áreas com fragilidades socioambientais, as quais serão baseadas nos princípios de sustentabilidade, de modo promover a qualidade de vida dos cidadãos e cidadãs que as habitam.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

1. Caracterizar e analisar a área de estudo.
2. Identificar soluções de saneamento ambiental.
3. Selecionar as soluções mais viáveis para área de estudo.
4. Conceber o sistema de saneamento integrado para área de estudo.

## 3 JUSTIFICATIVA

A justificativa para o presente estudo é que propor intervenções de saneamento ambiental integrado, para áreas fragilizadas sob os aspectos socioambientais, poderá propiciar soluções otimizadas que contribuam para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário e drenagem urbana.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 ÁREAS FRAGILIZADAS

O termo comunidades isolado foi criado pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES-SP) para designar centros habitacionais que não estão conectados aos serviços públicos de saneamento básico. Esse isolamento pode ser dado por inviabilidade técnica, econômica e/ou política, sendo originário de fatores, como: grande distanciamento à sede do município, difícil acesso, baixa densidade populacional, grande dispersão entre os domicílios ou situação de irregularidade fundiária. Outro termo utilizado para se referir a estas comunidades é comunidades em áreas fragilizadas.

No que diz respeito à identificação destas áreas fragilizadas no ambiente urbano brasileiro (DENALDI, 2009) alega que a denominação mais presente é a de “favela”. (OJIMA, 2007) complementa que as favelas são consideradas “a expressão das mazelas do crescimento urbano não planejado e do aumento da pobreza urbana”, que de certa forma agrupa a população que está mais exposta a problemas sociais e ambientais.

Quanto ao termo áreas fragilizadas uma classificação mais abrangente é proposta pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, conjuntamente ao Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social (IPEA/IPARDES, 2010), para os identificados genericamente como “assentamentos precários urbanos”. Essa classificação traz consigo também questões de cunho urbanístico e habitacional (áreas ambientalmente e geologicamente sensíveis, falta de infraestrutura urbana, superlotação etc.) sendo assim considerados cortiços, conjuntos habitacionais, favelas ou loteamentos irregulares.

Em síntese, constata-se que as expressões áreas fragilizadas e comunidades isoladas, não possuem um único significado em definitivo, pois são construídas socialmente, devendo, portanto, serem especificadas caso a caso em detrimento dos objetivos e contexto de cada análise a ser feita. Assim sendo, quando da execução de políticas públicas, como projetos de saneamento, um maior controle social deve ser proporcionado a população, a fim de que esta possa também determinar e explicitar quais são as fragilidades do local onde habitam, afastando

assim, a possibilidade de serem negligenciados “distúrbios” que se encontram presentes nestas áreas, que na maioria das vezes, não são percebidos pelo olhar externo daqueles que são responsáveis por implementar estas políticas. (BENETTI, 2015).

#### 4.2 SANEAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS FRAGILIZADAS

Como visto acima, devido a diversos fatores, comunidades isoladas urbanas e/ou áreas fragilizadas têm sido alvo de poucas pesquisas no que se refere ao esgotamento sanitário e mais estudos precisam ser realizados para que a situação dessas populações seja mais conhecida e melhorada.

De acordo com (ALVIM, 2014) o problema do saneamento básico nas favelas (neste trabalho áreas fragilizadas) tem raízes em questões institucionais e falta histórica de investimento. Além disso, o elevado adensamento, a pavimentação irregular e as estreitas vielas são obstáculos para a concretização dos serviços de saneamento.

Em relação à percepção dos próprios moradores destas áreas, foi constatado que existe desconhecimento em relação aos diferentes tipos de esgotos gerados em suas residências e aos riscos que eles podem oferecer a eles mesmos e seus moradores vizinhos. (BRASIL et al., 2014).

Boas práticas de saneamento são essenciais não apenas para evitar doenças — especialmente as de veiculação hídrica — mas também para promoção de saúde, proteger o meio ambiente e aumentar a qualidade de vida da população. Entretanto, a utilização do saneamento como instrumento de promoção dessa qualidade de vida depende a superação de conflitos tecnológicos, políticos e gerenciais que dificultam, por exemplo, o atendimento às populações que habitam áreas fragilizadas (FUNASA, 2007).

#### 4.3 SANEAMENTO AMBIENTAL E SAÚDE

De acordo com (SOUZA, 2007), o saneamento como ação positiva para a saúde deve assumir a responsabilidade de erradicar determinadas doenças em parceria com o setor de saúde e com os demais setores ligados aos determinantes da saúde. Estas doenças seriam aquelas ligadas à falta de abastecimento de água de boa qualidade e quantidade; de coleta e tratamento de águas residuárias; de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos com disposição final sanitária e

ambientalmente adequada e de drenagem de águas pluviais. Ainda como dito por (SOUZA, 2007), o saneamento como promoção de saúde, deve abranger a implantação de uma estrutura física composta de sistemas de água, esgoto, resíduos sólidos e drenagem, caracterizando assim uma intervenção no meio físico. Mas também, deve incluir um conjunto de medidas educacionais e políticas que estabeleçam direitos e deveres de seus usuários e de seus prestadores, sendo fundamental uma estrutura institucional capaz de gerenciar o setor de forma integrada aos outros setores ligados à saúde e ao ambiente.

A falta de saneamento básico ocasiona diversos impactos negativos sobre a saúde da população. Além de prejudicar a saúde individual, eleva os gastos públicos e privados em saúde com o tratamento de doenças. (CAIRNCROSS E FEACHEM,1993) propuseram uma classificação para as doenças infecto-parasitárias que possuem o ambiente como potencial determinante, intitulando-as doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI). O termo deve ser entendido no contexto de falta ou insuficiência de saneamento ambiental e condições de moradia precárias. As DRSAI abrangem doenças como diarreias, leptospirose, doença de Chagas, teníases e hepatite A, entre outras, sendo consideradas doenças potencialmente evitáveis por meio do desenvolvimento de ações adequadas de saneamento ambiental.

De acordo com a (UNESCO, 2009), praticamente um décimo do total global de doenças poderia ser evitado através da melhoria do abastecimento de água, saneamento, higiene e gestão dos recursos hídricos. A Tabela 1 apresenta as porcentagens de doenças atribuídas à fatores ambientais.

TABELA 1 – PRINCIPAIS DOENÇAS ATRIBUÍVEIS A FATORES AMBIENTAIS

Doença	Carga global anual atribuível à água, saneamento e higiene		Porcentagem da carga total atribuível a fatores ambientais	Soluções ambientais
	Mortes (milhares)	DALY * (milhares)		
Diarréia	1523	52460	94%	Abastecimento de água, saneamento, higiene
Desnutrição	863	35579	50%	Abastecimento de água, saneamento, higiene, gestão de recursos hídricos
Malária	526	19241	42%	Gestão de recursos hídricos
Filariose linfática	0	3784	66%	Abastecimento de água, saneamento
Nemátodos intestinais	12	2948	100%	Saneamento
Tracoma	0	2320	100%	Abastecimento de água, higiene, moscas
Esquistossomose	15	1698	100%	Abastecimento de água, saneamento, gestão de recursos hídricos
Encefalite japonesa	13	671	95%	Gestão de recursos hídricos
Dengue	18	586	95%	Abastecimento de água, saneamento

\* Dia de vida ajustado por incapacidade, uma medida sumária da saúde da população. Um DALY representa um ano perdido de vida saudável.

FONTE: UNESCO (2009).

A Tabela 2 apresenta o número de municípios brasileiros com doenças associadas ao saneamento básico no ano de 2008 (IBGE, 2011).

TABELA 2 – NÚMERO DE MUNICÍPIOS COM DOENÇAS ASSOCIADAS AO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL NO ANO DE 2008

Doença	Unidade Territorial					
	Brasil	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Total	5564	449	1793	1668	1188	466
Diarréia	1517	223	753	335	110	96
Leptospirose	197	20	84	69	19	5
Vermínoses	1394	206	701	336	76	75
Cólera	54	5	35	10	3	1
Difteria	65	12	30	17	4	2
Dengue	1547	198	879	315	40	115
Tifo	26	12	8	5	-	1
Malária	159	114	30	10	1	4
Hepatite	527	87	239	131	47	23
Febre amarela	46	10	14	17	1	4
Dermatite	452	65	227	108	26	26
Doença do sistema respiratório	655	87	356	158	28	26
Outras	164	25	77	40	13	9

FONTE: IBGE (2011).

Ainda no âmbito de se estabelecer uma relação entre o saneamento ambiental adequado e as doenças relacionadas à falta do mesmo, (TEIXEIRA E GULHERMINO, 2006) realizaram uma análise dessa associação a partir dos dados indicadores e dados básicos para a saúde do ano de 2003. Este estudo, segundo os autores, comprovou a hipótese da existência dessa relação, à medida que as análises realizadas demonstraram que, para os dados avaliados, o aumento da cobertura de esgotamento sanitário diminuiu a mortalidade por diarreia aguda em crianças menores de cinco anos e o aumento do abastecimento de água diminuiu a mortalidade por doenças infecciosas e parasitárias para todas as idades. (LOBATO, 2020).

#### 4.4 TIPOLOGIAS DE SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM URBANA

Segundo (BUTLER E DAVIES, 2000), os principais tipos de sistemas convencionais de esgotamento são o sistema separador absoluto, onde o esgoto e águas pluviais são escoados em redes de tubulações completamente separadas, e o sistema combinado, onde esgoto e águas pluviais são escoados na mesma rede de tubulações. Adicionalmente, ainda pode haver um sistema de esgotamento dito

como separador parcial, onde somente as águas pluviais captadas dentro dos lotes são destinadas para rede tubulação de esgotos. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Como observado por (VOLSCHAN et al, 2009) o sistema separador absoluto é o mais utilizado em regiões de clima tropical, sendo este sistema adotado comumente no Brasil.

Ainda quanto a tipologia dos sistemas de esgotamento, existem os sistemas centralizados e descentralizados. Os sistemas descentralizados fazem o tratamento de esgoto próximo ao local de origem, onde as frações líquidas do esgoto podem ser transportadas para um tratamento centralizado, após serem retidas as frações sólidas e parte das líquidas no próprio local de origem (FUNASA, 2014). Enquanto os sistemas centralizados de esgotamento coletam, transportam, tratam de forma centralizada e despejam ou reusam o efluente tratado distante do seu ponto de origem (CRITES E TCHOBANOGLIOUS, 1998).

(VAN LIER E LETTINGA, 1999) constata que os sistemas centralizados de esgotamento trazem consigo um alto custo de implantação e operação, devido aos custos energéticos de estações elevatórias ao longo das redes e custos de estações de tratamento de esgotos de grande porte. Além disso, estes sistemas apresentam forte risco de contaminação das águas subterrâneas e das águas potáveis nas redes de distribuição de água.

Segundo (CRITES E TCHOBANOGLIOUS, 1998) os sistemas descentralizados de esgotamento são os mais indicados para pequenas comunidades, que não possuem acesso à rede de esgotamento sanitário, seja por motivos geográficos ou econômicos, tendo como principal objetivo proteger a saúde pública e o meio ambiente, além de reduzir custos do tratamento através da retenção de sólidos e líquidos do efluente próximo ao seu local de origem, bem como facilitar o reuso de água.

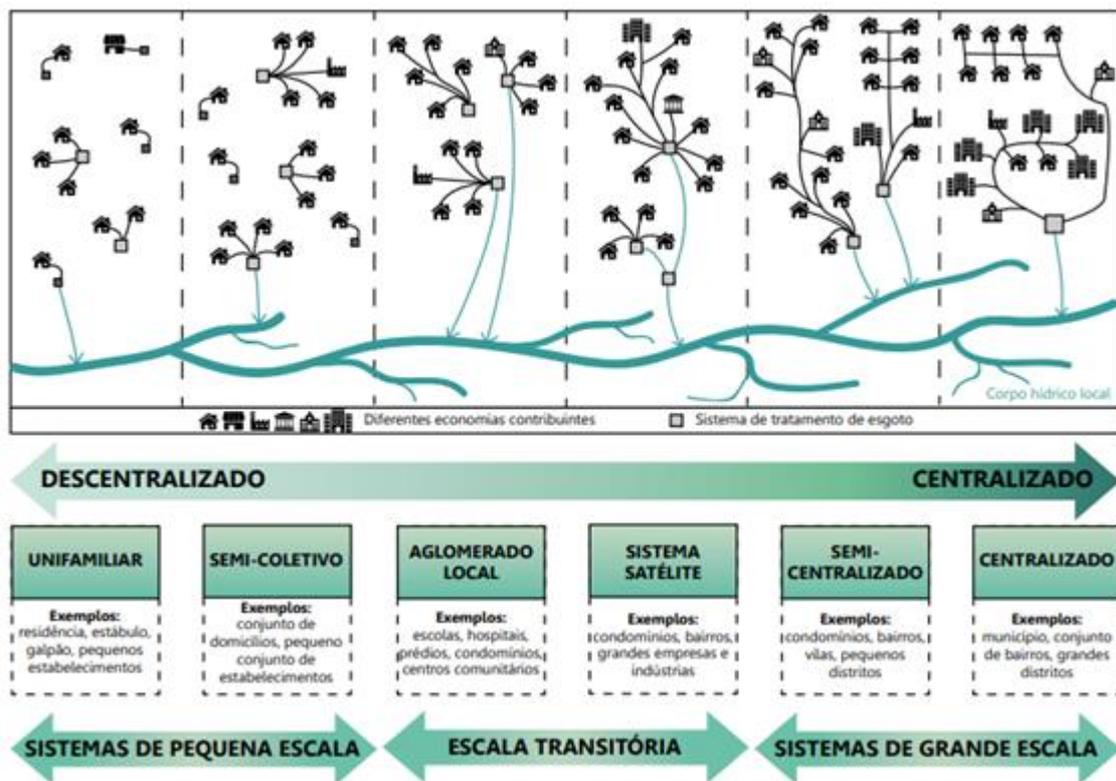
## 4.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO DESCENTRALIZADOS

### 4.5.1 SISTEMAS DESCENTRALIZADOS

Como já dito acima, de maneira geral, os sistemas descentralizados são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou reuso do esgoto em local

próximo à sua geração. De acordo com (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012) alguns autores classificam os sistemas em centralizados ou descentralizados de acordo com o número de habitantes atendidos, a carga orgânica do esgoto e/ou o volume diário gerado. Os sistemas descentralizados de tratamento de esgoto (também chamados de sistemas locais) quando bem projetados, construídos e operados, são boas alternativas para garantir a saúde da população e ao mesmo tempo manter a integridade ambiental de áreas que não possuem sistema de esgotamento. (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009).

FIGURA 1 – GRADIENTE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ESGOTO, CONFORME SEU O SEU NÍVEL DE CENTRALIZAÇÃO OU DESCENTRALIZAÇÃO



Fonte: (TONETTI, 2018)

Algumas vantagens que esse tipo de sistema pode apresentar são sintetizadas em uma tabela adaptada de (BUENO, 2017), que as divide em quatro áreas: social, econômica, ambiental e operacional (TABELA 3).

TABELA 3 – PRINCIPAIS VANTAGENS DO USO DE SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO

ÁREA	VANTAGENS
<b>SOCIAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contribuem para a melhoria da saúde da população local</li> <li>- Podem gerar trabalho e renda</li> <li>- Podem ajudar a produzir alimentos, contribuindo com a segurança alimentar</li> <li>- São adaptáveis aos costumes e à cultura</li> <li>- Normalmente são bem aceitos pela população e entidades fiscalizadoras</li> <li>- Podem ajudar a compor o paisagismo local</li> </ul>
<b>ECONÓMICO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os sistemas mais simples têm baixo custo de instalação</li> <li>- Consomem pouca energia e insumos externos</li> <li>- Alguns subprodutos do sistema têm valor comercial e podem gerar renda (alimentos, biogás, plantas ornamentais)</li> <li>- Há economia em adubos quando se utiliza o esgoto tratado na agricultura</li> </ul>
<b>AMBIENTAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas unifamiliares podem ser compactos</li> <li>- Usam poucos insumos e energia na construção e operação</li> <li>- Reduzem a poluição do solo e corpos hídricos locais</li> <li>- Podem melhorar as condições ecológicas locais</li> <li>- Promovem o reúso de água e de nutrientes localmente</li> </ul>
<b>OPERACIONAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispensam a construção de rede coletora local e estações elevatórias</li> <li>- Têm boa flexibilidade operacional</li> <li>- Podem ser ampliados ao longo do tempo</li> <li>- Têm baixo consumo de materiais e energia</li> <li>- Em boa parte dos casos, não se cobra pelo tratamento</li> <li>- Não requerem mão-de-obra especializada</li> <li>- Podem tratar águas cinzas e de vaso sanitário separadamente</li> <li>- São pouco influenciados por desastres naturais</li> </ul>

Fonte: (BUENO, 2017)

Apesar de os sistemas descentralizados apresentarem algumas vantagens em relação aos centralizados, principalmente quando aplicados em áreas fragilizadas, ainda existem uma série de obstáculos que precisam ser superados para que sua implantação seja eficiente, viável e segura para estas áreas, principalmente em sistemas de menor escala. O primeiro deles é a escolha das tecnologias de tratamento de esgoto mais adequadas para cada ambiente. Essa é uma tarefa complexa, que envolve avaliar uma série variáveis simultaneamente. (TONETTI et al, 2018)

(MARTINETTI, 2015) aponta as principais características ambientais e do local de instalação que devem ser analisadas no momento da escolha da tecnologia de tratamento de esgoto mais adequado são elas:

- Presença de água nos banheiros
- Tipo de esgoto gerado (águas de vaso sanitário, águas cinzas ou esgoto doméstico);

- Área disponível para a implantação do sistema (tamanho da área e declividade do terreno);
- Tipo de solo local (arenoso, argiloso etc.);
- Profundidade do lençol freático;
- Presença de nascentes e cursos d'água superficiais e
- Clima.

(SAMPAIO, 2011) coloca também que um dos fatores mais relevantes para a para uma boa e bem-sucedida implantação de sistemas descentralizados de pequeno e médio porte é a aceitação da população da área no qual ele será implantado e seu envolvimento no processo de escolha da tecnologia. Experiências prévias acumuladas por instituições nacionais que atuam na área demonstram que é de suma importância que o processo de seleção das tecnologias sanitárias para essas áreas seja realizado com a participação efetiva da população que será atendida, levando em conta sua organização social, cultural e capacidade de apropriação tecnológica.

#### 4.5.2 TRATAMENTO DE ESGOTO EM COMUNIDADES ISOLADAS

Para (FONSECA, 2008) a segregação do esgoto doméstico em duas frações distintas, que usualmente são tratadas separadamente: as águas cinzas e as águas negras (águas de vaso sanitário) é uma das principais diferenças em relação ao tratamento de esgotos centralizado. Essa separação dos esgotos é dada como um dos passos mais importantes para o que seu tratamento seja mais simplificado e eficiente, dentro da perspectiva do saneamento ecológico.

Outro ponto importante é avaliar a necessidade de tratamento primário (gradeamento e caixa de areia), que geralmente devido as distancias entre fonte e local de tratamento não são necessários, entretanto, se faz sempre necessário para boa manutenção e funcionamento de sistemas descentralizados a instalação de caixas de gordura (a qual deve possuir manutenção periódica a cada 6 meses), que deve ser concebida de acordo com a NBR 8160/1999 (ABNT, 1999).

Os sistemas mais utilizados no Brasil e no mundo em comunidades isoladas são as fossas absorventes (rudimentares), muitas vezes instaladas sem qualquer

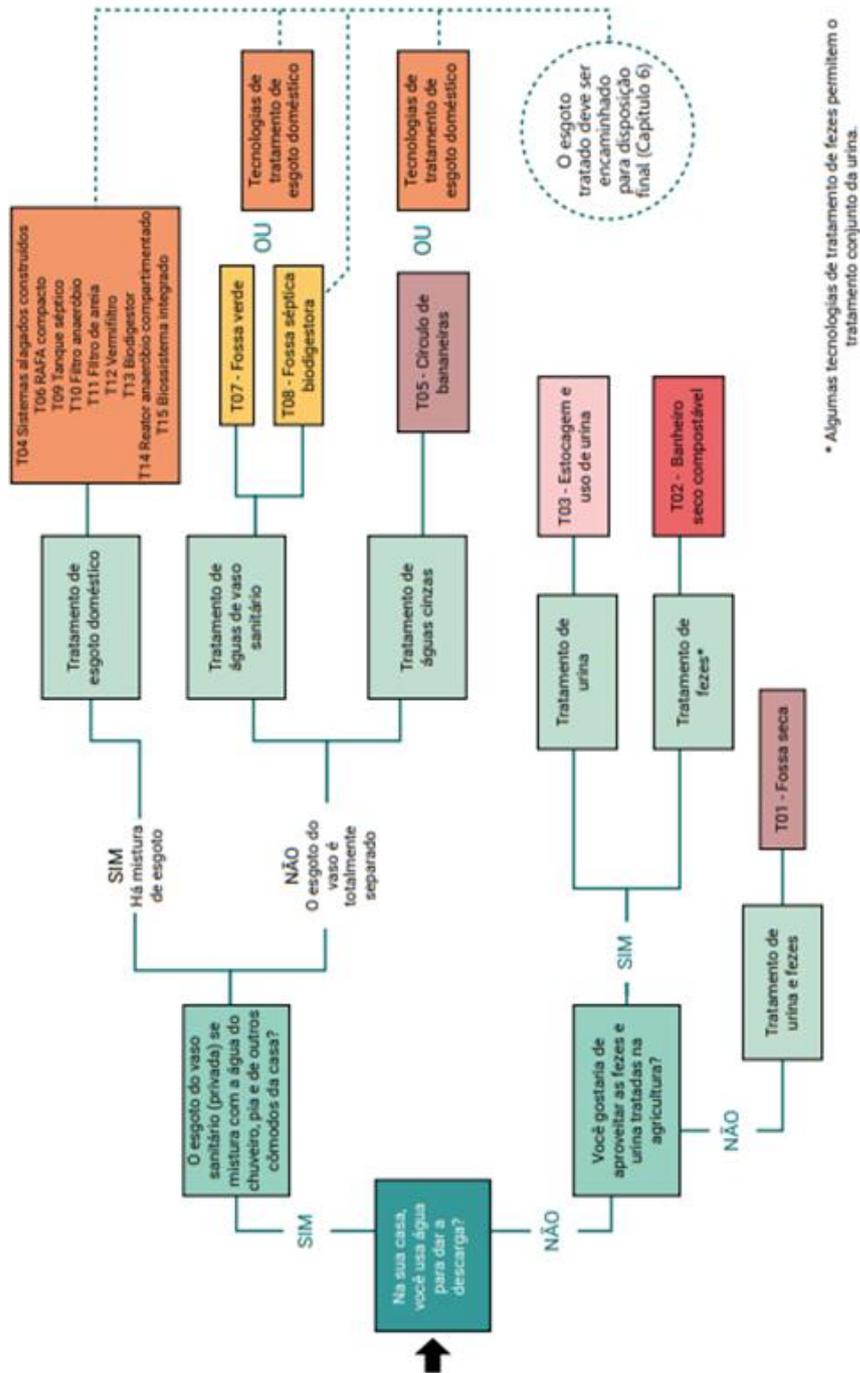
tipo de projeto, sem impermeabilização e a céu aberto, com muitas irregularidades. E o tanque séptico, que são definidos como reatores anaeróbios cuja função é reter e degradar os sólidos sedimentáveis e flutuantes, cuja facilidade de manutenção e simplicidade construtiva tornam a tecnologia descentralizada como uma das mais comuns (MASSOUD; TAHINI; NASR, 2009). No Brasil, esse sistema é normatizado pela NBR 7229/1993 (ABNT, 1993).

Quanto às soluções de tratamento de esgoto, a partir do conhecimento das características da área de estudo que será abordada, foram selecionadas algumas soluções passíveis de serem implantadas, estas soluções serão explicitadas em seguida.

No âmbito dessas propostas, (TONETTI et al, 2018) orienta que as tecnologias relacionadas ao saneamento busquem sempre melhorar as condições de saúde e higiene das comunidades por meio de técnicas que respeitem a cultura e os conhecimentos locais, que sejam ambientalmente sustentáveis e de baixo custo.

As soluções pré-selecionadas com base no fluxograma apresentado abaixo na figura 2 são: sistemas alagados construídos, reator RAFA compacto, tanque séptico, filtro anaeróbio, filtro de areia, biodigestor, reator anaeróbio compartimentado.

FIGURA 2 - FLUXOGRAMA PARA ESCOLHA DA TECNOLOGIA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO EM COMUNIDADES ISOLADAS.



Fonte: (TONETTI, 2018)

#### 4.6 DRENAGEM URBANA

A drenagem das águas pluviais urbanas de acordo com a (MEDIDA PROVISÓRIA Nº868/2018) é constituída: “pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.”

(TUCCI, 2001) coloca que os sistemas de drenagem urbana possuem origem nos coletores de água pluviais presente nas edificações ligados à rede pública, assim como nas sarjetas que coletam o escoamento superficial de ruas, calçadas, e demais áreas e o encaminha para bueiros. Tanto as águas coletadas nas edificações quanto as coletadas bueiros são levadas pelos condutos pluviais até condutos secundários e, por fim, os corpos hídricos.

(TUCCI, 2003) coloca que política existente que trata do desenvolvimento e controle dos impactos quantitativos na drenagem tem como principal conceito escoar a água precipitada o mais rápido possível. E a consequência instantânea dos projetos baseados neste conceito é a ampliação das inundações em áreas a jusante devido à canalização. Pois conforme precipitação ocorre, e a água não é infiltrada, aumenta-se o volume que deve ser escoado pelos condutos. Desta forma para transportar todo esse volume, é necessário ampliar a capacidade de condutos e canais ao longo de todo o seu trajeto até um local onde o seu efeito de ampliação não atinge a população. O disparate desses projetos acaba gerando custos insustentáveis, podendo chegar a ser dez vezes maior do que o custo de amortecer o pico dos hidrogramas e diminuir a vazão máxima para jusante através de uma detenção ou infiltração, por exemplo.

Na maior parte dos casos, de acordo com (DIAS e ANTUNES, 2010) a drenagem urbana convencional, atua apenas em escala local, deslocando o problema de excesso e contaminação da água para a jusante. Baseado nesse cenário, motiva-se a busca por métodos mais eficientes no momento de concepção e execução de projetos de drenagem urbana, sejam eles em macro ou microdrenagem. Desta forma, um novo conceito começa a ser difundido e incorporado pelo Brasil, como uma maneira de mitigar os impactos ambientais ocasionados pelo intenso processo de urbanização: a drenagem sustentável.

## DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Diante do cenário de constantes de inundações, (LOURENÇO, 2014) expressa o surgimento da necessidade de projetar sistemas de drenagem mais eficientes e sustentáveis, uma vez que o aumento da capacidade de escoamento dos sistemas existentes seria uma solução pouco econômica e não resolveria o problema na íntegra nem a longo prazo. Diante do exposto, nasce o conceito de drenagem sustentável, cujo principal objetivo de maneira geral é regenerar o ciclo hidrológico natural, por meio da incorporação de novas técnicas com o fim de amortecer os caudais de ponta e atenuar o nível de poluição presente nas águas das chuvas que são descarregadas nos meios receptores.

Ainda (LOURENÇO, 2014) coloca que contrariamente ao sistema convencional de drenagem, a drenagem sustentável visa o controle do escoamento superficial o mais próximo possível do local onde a precipitação ocorre (controle do escoamento na fonte). A diminuição do escoamento superficial pela infiltração do excesso de água no solo, pela evaporação e evapotranspiração e pelo armazenamento temporário, possibilitando assim a reutilização da água ou a sua libertação lenta, após as chuvas.

Segundo (ASHLEY et al., 2013) os novos sistemas não consideram as águas pluviais em áreas urbanas como um problema, mas sim como uma solução para diversos fatores ambientais, como por exemplo, redução da demanda de água potável devido ao aproveitamento das águas pluviais e, também, promoção do aumento da biodiversidade e amenização do microclima urbano pela proteção e melhoramento das paisagens urbanas naturais.

Nesse contexto, surgiram diferentes propostas de sistemas não convencionais com diversas nomenclaturas, como apresentado na Tabela 4. Para (HOEPERS, 2019) esses sistemas possuem em comum a busca pela diminuição da poluição provinda de águas urbanas, diferenciando-se de acordo com suas maneiras implementação.

TABELA 4 – TERMINOLOGIAS DOS SISTEMAS NÃO CONVENCIONAIS DE DRENAGEM URBANA

Nomenclatura	Descrição	Localidade onde é mais comumente utilizado
Low impact development – LID (Desenvolvimento de baixo impacto) e Low impact urban design and development – LIUDD (Projetos urbanos e desenvolvimento de baixo impacto)	<p>Visa atenuar os custos de gestão de águas pluviais urbanas através de uma abordagem mais natural.</p> <p>Ou seja, utilizando-se de soluções que permitam que o escoamento superficial, a infiltração e a evapotranspiração ocorram da forma mais parecida possível com o que transcorria na pré-urbanização.</p> <p>Propõe soluções descentralizadas de tratamento e disposição final das águas urbanas.</p> <p>Visa o gerenciamento do balanço hídrico, preocupando-se com inundações e erosões provocadas pela água;</p>	América do Norte e Nova Zelândia
Water sensitive urban design – WSUD (Projetos urbanos sensíveis às águas)	<p>Promover tratamento das águas urbanas e minimizar o transporte de poluentes pelo escoamento superficial;</p> <p>Encorajar a conservação da água nas edificações e o reuso de água;</p> <p>Preservar os recursos naturais como forma de recreação em áreas urbanas.</p>	Austrália
Integrated urban water management – IUWM (Gestão integrada das águas urbanas)	<p>Visa conservar todo o ciclo da água de maneira integrada, considerando seus usos ecológicos e antropogênicos no contexto social, cultural e econômico de cada região, buscando a sustentabilidade de curto, médio e longo prazo.</p>	França
Sustainable urban drainage systems – SUDS (Sistemas de drenagem urbana sustentáveis) ou Sustainable drainage systems – SuDS (Sistemas de drenagem sustentável)	<p>Visa replicar a drenagem natural de um local pré-urbanização através de uma cadeia de gerenciamento de práticas e tecnologias para as águas pluviais urbanas.</p> <p>Termo utilizado em várias áreas para buscar a prevenção da poluição.</p>	Reino Unido
Best management practices – BMPs (Melhores práticas de gerenciamento)	<p>Com relação às águas urbanas, visa implementar práticas individuais ou coletivas de medidas estruturais ou não estruturais de prevenção da poluição causada pela descarga de cargas de poluentes em corpos hídricos provindas das águas urbanas de escoamento superficial.</p>	Estados Unidos da América
Stormwater control measures – SCMs (Medidas para controle das águas pluviais)	<p>Termo que busca substituir o termo BMPs, pois visa os mesmos objetivos que os BMPs com relação às águas urbanas.</p>	Estados Unidos da América

Nomenclatura	Descrição	Localidade onde é mais comumente utilizado
Alternative techniques – ATs (Técnicas alternativas) ou Compensatory techniques – CTs (Técnicas compensatórias)	Visa melhorar a qualidade de vida através de técnicas que buscam a mitigação de eventos de enchentes, como dispositivos que favoreçam a infiltração ou amortecem as vazões de escoamento superficial.	França
Source control (Controle na fonte)	Visa promover medidas tanto estruturais quanto não-estruturais o mais próximo da fonte possível para prevenção de impactos hidrológicos e da preservação da qualidade da água, em oposição à providências tomadas na ponta final das redes.	Canadá
Green infrastructure (Infraestrutura verde)	Visa utilizar sistemas com vegetação para promover uma gestão descentralizada das águas pluviais, através de telhados verdes, jardins, parques, pavimentos permeáveis e etc.	Estados Unidos da América
Stormwater quality improvement devices – SQIDs (Dispositivos para melhorar a qualidade das águas pluviais)	Visa promover a qualidade das águas urbanas, mas também o controle de vazões.	Austrália

FONTE: FLETCHER et al. (2015).

#### 4.6.1 SUDS (SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEIS)

Para (WOOD-BALLARD et al., 2007) os SUDS são um conjunto de medidas sustentáveis de controle e gestão de águas pluviais que surgem como alternativa ao sistema de drenagem tradicional de áreas urbanas. Sendo concebido para gerir os riscos ambientais do escoamento urbano de modo a contribuir sempre que possível para a melhoria/aprimoramento do ambiente urbano.

De acordo com (LOURENÇO, 2014), de maneira contrária a visão tradicional os SUDS trazem uma visão integrada que tem como objetivo reter a água no local e beneficiar todos os processos que daí são advindos, por exemplo, através da infiltração promove-se a recarga dos aquíferos e retarda-se a chegada das águas ao meio receptor. Apresentam ainda impactos positivos ao nível do funcionamento dos ecossistemas, uma vez que a retenção da água proporciona habitats de vida selvagem, servindo de contribuição para a biodiversidade local.

(LOURENÇO, 2014) ainda destaca, alguns dos objetivos dos SUDS como: redução dos caudais de ponta como o volume de escoamento superficial; minimização do transporte de poluição das áreas urbanas para o corpo hídrico

receptor, melhora dos regimes de escoamento nos cursos de água; reuso das águas pluviais de modo a substituir a água da rede em aplicações que não exijam altos níveis de qualidade da água; integração do tratamento das águas pluviais na paisagem, melhorando a qualidade da paisagem urbana; promoção da recarga natural dos aquíferos e águas subterrâneas; criação de zonas de recreio e lazer e por fim fornecer um melhor habitat para a vida selvagem.

Segundo (WOOD-BALLARD et al. 2015) existem uma gama de dispositivos SUDS e com isso sua aplicação pode ser feita em praticamente todas as áreas. No Quadro 1 a seguir, são apresentados alguns dispositivos, evidenciando-se as eficiências obtidas em termos quantitativos de redução de escoamento superficial e picos de chuva, e no aprimoramento da qualidade das águas.

TABELA 5 – CARACTERÍSTICAS DOS DISPOSITIVOS DE SUDS

Dispositivo	Origem	Área	Regional	Transporte	Efetividade na qualidade da água	Potencial de modernização
Utilização de Água de chuva	X	X	-	-	Baixa*	Sim
Sistema de pavimento permeável	X	X	-	-	Alta	Sim
Faixa Filtrante	X	-	-	-	Baixa/Média	Sim
Canais de filtração com vegetação (SWALES)	X	X		X	Média	Limitada
Lagos	-	X	X	-	Média/Alta*	Improvável
Wetland	-	X	X	O	Baixa/Média	Improvável
Lagoas de Detenção	-	X	X	-	Alta*	Sim
Sumidouro	X	-	-	-	Média	Sim
Valas de Infiltração	X	X		O	Média/Alta	Sim
Bacias de Infiltração	-	X	X	-	Média*	Não
Sistema de biorretenção	X	X	-	-	Alta	Sim
Filtro de areia	-	X	O	-	Baixa	Sim
Telhado Verde	X	-	-	-	Média/Alta	Sim

FONTE: Adaptado de WOODS-BALLARD et al. (2007).

NOTA: \* Depende do tamanho da estrutura para retenção da água; X – mais adequado; O – menos adequado; - não é possível

#### 4.6.2 LIDS (DESENVOLVIMENTO URBANDO DE BAIXO IMPACTO)

A estratégia de Desenvolvimento Urbano Baixo Impacto (LID) consiste principalmente no planejamento de empreendimentos e espaços urbanos de modo que se preze a conservação de processos hidrológicos e de recursos naturais, além da prevenção à poluição do solo e das águas.

De acordo com (USDOD, 2004), os componentes-chave para o alcance dos objetivos dos LIDS são: conservação (Preservação de vegetação e solo nativos, minimizando o emprego de áreas impermeáveis e permitindo a manutenção de caminhos naturais de drenagem); projetos locais únicos (concepção de projetos que respeitem peculiaridades locais naturais); direcionamento do escoamento para áreas vegetadas (aumento da infiltração e recarga de aquíferos, terras úmidas e riachos, aproveitamento controle e tratamento realizado pela natureza); controles distribuídos de pequena-escala (emprego de técnicas de manejo hídrico o mais próximo possível da fonte de geração do escoamento, de forma integrada ao ambiente, de modo a assemelhar os processos hidrológicos naturais); prevenção à poluição e educação (fomentar a educação e envolvimento público, inclusive de profissionais, com o objetivo de reduzir as cargas de poluentes geradas por estes e aumentar a eficiência e longevidade dos sistemas de drenagem)

Algumas das medidas estruturais aplicadas e utilizadas na concepção dos LIDs são: jardins de chuva, células de biorretenção, vales vegetativos, trincheiras de infiltração, telhados verdes, desconexão de telhados, cisternas para armazenamento de águas pluviais e pavimentação permeável. (USEPA, 2021)

TABELA 6 - PRINCIPAIS DIFERENÇAS ENTRE ABORDAGEM CONVENCIONAL E ABORDAGEM ALTERNATIVA

Aspeto da Água Pluvial	Abordagem Convencional	Abordagem Alternativa
Quantidade	As águas pluviais são transportadas para fora das áreas urbanas o mais rápido possível.	As águas pluviais são retidas na origem/fonte, permitindo a sua infiltração e atenuação dos picos de cheia, sendo posteriormente encaminhadas gradualmente para o sistema de drenagem, meio recetor ou outro componente.
Qualidade	As águas pluviais são tratadas com as águas residuais em estações de tratamento centralizadas ou descarregada no meio recetor sem qualquer tipo de tratamento.	As águas pluviais são tratadas utilizando sistemas naturais descentralizados, como solo, vegetação e bacias.
Valor Recreativo e Amenidade	Não considera	As infra-estruturas de águas pluviais são planeadas para melhorar a paisagem urbana e fornecer oportunidades recreativas.
Biodiversidade	Não considera	Os ecossistemas urbanos são recuperados e protegidos pelo uso das águas na manutenção e melhoria dos habitats naturais.
Potenciais Recursos	Não considera	As águas pluviais são recolhidas para abastecimento e retidas para recarga de aquíferos, cursos de água e vegetação.

Fonte: (adaptado de Philip, 2011)

## 4.7 PARÂMETROS DE PROJETO

### 4.7.1 PRECIPITAÇÃO

Pinto et al. (1976) coloca que a precipitação é a água depositada na superfície terrestre em diversas formas como: chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada, advinda do vapor de água presente na atmosfera. Sendo a chuva (ocorrência na forma líquida) o tipo de precipitação mais importante na hidrologia, uma vez que a neve ocorre em apenas algumas determinadas partes do planeta e as demais formas pouco contribuem para a vazão dos rios.

Dentre as grandezas que caracterizam uma chuva estão: altura pluviométrica, duração, intensidade e tempo de recorrência (TUCCI, 2001).

A altura pluviométrica ( $P$ ) é a espessura média da lâmina que recobriria a área atingida pela precipitação, caso a água não infiltrasse, nem evaporasse ou escoasse para fora da área delimitada. Esta altura é medida em milímetro de chuva, definido como a quantidade de precipitação correspondente ao volume de 1 litro por metro quadrado de superfície (TUCCI, 2001).

A intensidade ( $i$ ) é a razão entre a altura pluviométrica pela duração, expressa em mm/h ou mm/min. Observa-se que a precipitação varia de intensidade ao longo do tempo; contudo, para análises hidrológicas, é considerada constante. A intensidade de precipitação pode ser obtida pela média de valores observados num certo intervalo de tempo, ou seja, a precipitação média (TUCCI, 2001). De acordo com Pinto et al. (1976), para calculá-la existem diversos métodos, tais quais média aritmética, Thiessen e isoietas.

A duração ( $t$ ) é medida em minuto ou hora, sendo o intervalo de tempo em que ocorre a precipitação. E, por último, tempo de recorrência ( $T_r$ ) é um número médio de anos onde se espera que a precipitação analisada seja igualada ou superada, em análise de alturas precipitadas ou intensidades máximas (TUCCI, 2001).

A equação que relaciona estas variáveis é chamada de Equação de Chuvas Intensas. Fendrich (2003), aponta equações de chuvas intensas para todo estado do Paraná, onde se obtêm a intensidade máxima da chuva a partir do tempo de recorrência e duração da chuva, que, de acordo com Fendrich et al. (1997), pode ser considerada igual ao tempo de concentração.

As cidades de Curitiba, Araucária e Piraquara possuem equações próprias, determinadas por Fendrich (2003). Para Curitiba, uma das equações propostas é a do Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná, que diz respeito a chuvas intensas na estação pluviométrica do Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná, demonstrada abaixo:

$$i = \frac{5950,00 * T_r^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}}$$

Equação 1

Onde:

- i – Intensidade máxima da chuva, em mm/h;
- $T_r$  – tempo de recorrência, em anos;
- t – duração da chuva, em minutos.

#### 4.7.2 Tempo de Concentração

De acordo com Canholi (2014) o tempo de concentração “é definido como o tempo de percurso da água desde o ponto mais afastado da bacia até a seção de interesse, a partir do instante de início da precipitação.”

Pinto et al. (1976) apresenta três fórmulas empíricas para determinação do tempo de concentração, sendo as características mais utilizadas o comprimento e declividade do curso principal.

- Fórmula de Picking:

$$t_c = 5,3 \left( \frac{L^2}{S} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Equação 2

Onde:

- $t_c$  – Tempo de concentração, em min;
- L – Distância horizontal do leito do rio, ou comprimento de talvegue, em km;
- S – Declividade do talvegue, em m/m.

- Fórmula de Vem te Chow:

$$t_c = 52,64 \left( \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,64}$$

Equação 3

Onde:

 $t_c$  – Tempo de concentração, em min; $L$  – Comprimento de talvegue, em km; $S$  – Declividade do talvegue, em m/km.

- Fórmula do *California Culverts Practice, California Highways and Public Works*:

$$t_c = 57 \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}$$

Equação 4

Onde:

 $t_c$  – Tempo de concentração, em min; $L$  – Comprimento de talvegue, em km; $H$  – Desnível entre o ponto mais afastado da bacia e o ponto considerado, em m.

Estas fórmulas como aponta Pinto et al (1976), apresentam uma concordância plausível, entretanto quanto menor a duração da chuva levada em conta maior a dimensão do erro, uma vez que em chuvas de pequena duração há uma maior variação de intensidade com o tempo.

#### 4.7.3 Tempo de recorrência

A escolha do tempo de recorrência de uma obra, de acordo com Tucci (2001) é fundamental pois determina o risco que se sujeita a população que por ela será atendida. Existem uma gama de estudos econômicos que buscam orientar nesta escolha, contudo a inviabilidade de monetizar alguns aspectos impedem o uso destes métodos. Além disso, geralmente quanto maior o tempo adotado, maior o porte das obras, maior o custo e maiores interferências no ambiente, entre outras. Estas dificuldades incentivam a adoção de valores mais baixos, o que acaba muitas vezes incentivando ocupação de áreas irregulares.

Na tabela 7, estão expostos valores de tempo de retorno usualmente adotados pela sociedade técnica.

TABELA 7 – TEMPO DE RECORRENCIA PARA DIFERENTE OCUPAÇÕES

Sistema	Característica	Intervalo (anos)	Valor frequente (anos)
Microdrenagem	Residencial	2 – 5	2
	Comercial	2 – 5	5
	Áreas de prédios públicos	2 – 5	5
	Aeroportos	5 – 10	5
	Áreas comerciais e avenidas	5 – 10	10
Macro drenagem	-	10 – 25	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas	-	5 - 100	100

FONTE: TUCCI (2003).

#### 4.7.4 Vazão de Projeto

Na literatura existem métodos estatísticos e indiretos, para se determinar a vazão de projeto de drenagem (Fenderich et al, 1997). Os estatísticos demandam séries históricas de vazões avaliadas. Já os métodos indiretos, atribuem um tempo de recorrência para determinação da chuva e, por consequência, para o cálculo da vazão de enchente. Os métodos do hidrograma unitário sintético de Snyder, do hidrograma unitário sintético triangular e o método racional. São exemplos de métodos indicados para bacias pequenas, por considerarem as bacias com características uniformes.

##### 4.7.2.1 Método Racional

O método racional é amplamente utilizado no estudo de pequenas bacias hidrográficas em virtude de sua fácil aplicabilidade. (Canholi, 2014) aponta que este método é utilizado tipicamente em bacias de no máximo 1 km<sup>2</sup>.

A “fórmula racional” a qual o método se fundamenta está expressa na equação 5 abaixo:

$$Q = \frac{C * i * A}{3,6}$$

Equação 5

Onde:

$Q$  – vazão de projeto, em m<sup>3</sup>/s;

$C$  – coeficiente de escoamento superficial;

$i$  – intensidade média da precipitação sobre a área drenada, em mm/hora;  
 $A$  – área drenada, em km<sup>2</sup>.

Para determinação da área drenada, (Fendrich et al, 1997) aponta que geralmente são utilizados mapas, plantas topográficas e fotografias aéreas. Tal área corresponde a bacia de contribuição para a seção estudada e é obtida pelas linhas dos divisores de água e dos fundos de vale, conhecidos como espigões e talwegues respectivamente.

#### 4.7.2.2 Coeficiente de escoamento

De acordo com (FENDRICH et al, 1997) o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de deflúvio (C) é a associação entre o volume precipitado e o volume escoado, sendo que, a diferença entre estes volumes resulta da parcela da precipitação que é retida, interceptada ou infiltrada no solo. A tabela 8, mostra valores de C conforme a natureza da superfície.

Tabela 8 - COEFICIENTES DE ESCOAMENTO SUPERFICIAL (C)

Natureza da superfície	Valores de C
Telhados perfeitos sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentação de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentação de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estradas de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e da natureza do subsolo	0,01 a 0,20

FONTE: FENDRICH *et al.* (1997).

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo propõe um estudo de caso, a ser aplicado na comunidade de Vila Nova.

### 5.1 JUSTIFICATIVA DA ÁREA DE ESTUDO

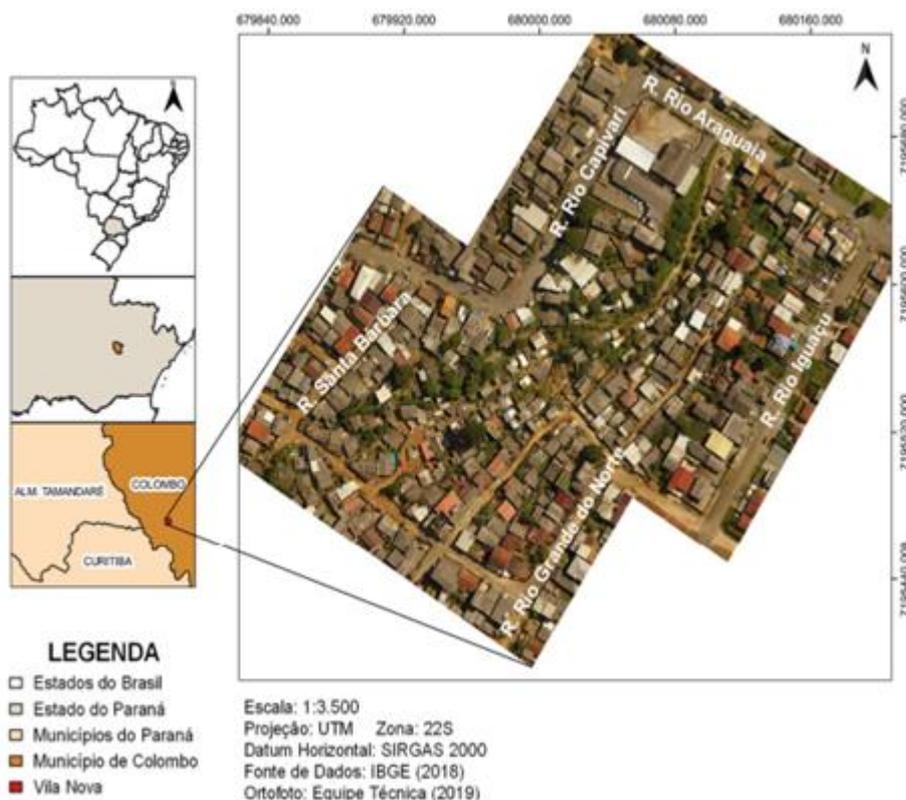
A área de estudo escolhida foi a comunidade de Vila Nova com o intuito continuar trabalho de (Rodrigues, 2021), buscando-se, assim, a ampliação do leque

de opções de soluções de drenagem urbana, além de introduzir soluções de esgotamento sanitário.

## 5.2 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo conhecida como comunidade Vila Nova, está localizada no bairro de Roça Grande, no município de Colombo que por sua vez está inserido na região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná. A figura 3 mostra o mapa de localização da comunidade que possui cerca de 48 mil m<sup>2</sup>.

FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DE VILA NOVA - COLOMBO/PR



Fonte: (Rodrigues, 2021)

As condições climáticas e o relevo são pontos que caracterizam a cobertura vegetal de Colombo e, portanto, a área de estudo. A vegetação de Mata Atlântica era própria das áreas baixas e de vales dos rios. Regiões com altitude acima de 600 metros abrigam vegetação de transição para, em seguida, levar a formação das Florestas de Araucárias. Apesar do grande desmatamento desta formação e reflorestamento com outras espécies, devido ao relevo irregular vegetações remanescentes podem ser encontradas. (PREFEITURA DE COLOMBO, 2018a).

Ainda segundo, (PREFEITURA DE COLOMBO, 2018a), o período chuvoso na cidade ocorre nos meses de dezembro e janeiro, com chuvas distribuídas periodicamente ao longo do ano. A precipitação atinge o valor máximo no mês janeiro com média de 165 mm e possui valor mínimo no mês de agosto com médias de 74mm.

No que diz respeito a formação geológica, na área de estudo há a ocorrência do complexo Gnáissico-Migmático, constituído predominantemente por solos residuais sobrejacentes a um embasamento cristalino (PONTES, 2019). Ele declara que o solo da região de Vila Nova como predominantemente silte arenoso e demonstra o leito do corpo hídrico da região como solo aluvionar com composição granulométrica siltosa predominante.

As altitudes no município de variam entre 1.000 e 2.000 m, com declividades variadas. Evidencia-se que Colombo localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense, na subunidade do Planalto de Curitiba. Esta unidade apresenta topos aplainados e alongados, vertentes convexas e vales em “V”. A comunidade de Vila Nova localiza-se rigorosamente em um vale com elevada declividade, apresentando muito alto risco de deslizamento de terra em cerca de 13 % de suas áreas (PREFEITURA DE COLOMBO, 2018a; PONTES, 2019). A figura 4 destaca distribuição espacial dos riscos de deslizamento e suas classificações.

FIGURA 4 - CARTA DE RISCOS A DESLIZAMENTO DE TERRA

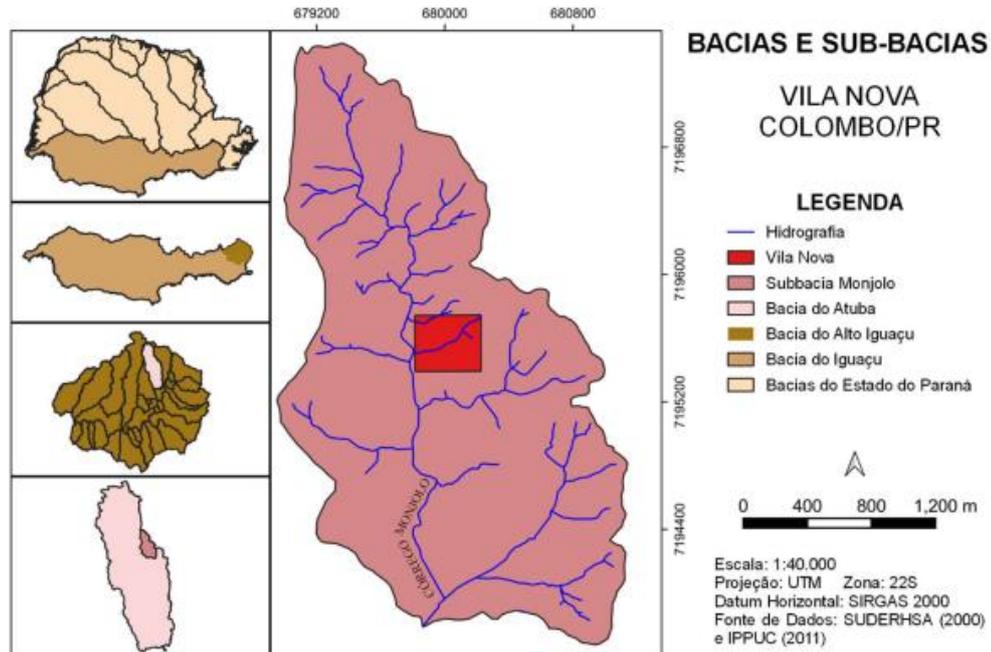


FONTE: PONTES (2019).

### 5.3 HIDROGRAFIA

Com base nos dados da SUDERHSA (2000), Vila Nova se encontra sub-bacia hidrográfica do córrego Monjolo, que está inserida na bacia do Rio Atuba, pertencente ao Alto Iguaçu (Figura 5). De acordo com a (PREFEITURA DE COLOMBO, 2018a) cerca de 18% da área de Colombo, ou seja 33,8 Km<sup>2</sup>, se encontra dentro da Bacia do Rio Atuba e que a sub-bacia do córrego Monjolo possui abrangência de 5,07 km<sup>2</sup>.

FIGURA 5 - MAPA DE BACIAS E SUB-BACIAS DA REGIÃO DE VILA NOVA, COLOMBO/PR



Fonte: (Rodrigues, 2021)

O corpo hídrico que atravessa Vila Nova pode ser observado na figura 6. Este córrego é um dos afluentes do Córrego Monjolo e escoar em sua seção natural no talvegue da comunidade, o ponto destacado como exútorio 1 indica onde começa o trecho na área de estudo, e o ponto exútorio 2 mostra onde ele termina. Além disso, (PREFEITURA DE COLOMBO, 2018b) informa que a sub-bacia do rio Atuba era utilizada para abastecimento de água até a década de 70, e deixou de ser usada devido ao alto grau de contaminação, impedindo o uso desta fonte.

FIGURA 6 - BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO E CORPO HÍDRICO



Fonte: (Rodrigues, 2021)

Conforme apresentado na figura 6, a Bacia de Contribuição 1 (BC1) consiste nas áreas contribuintes do exutório 1, enquanto a Bacia de Contribuição 2 (BC2) é formada pela área de BC1 acrescida da área de drenagem ao entorno do trecho presente na área de estudo. Pontua-se também que nos trechos a montante do exutório 1 e a jusante do exutório 2 o curso de água é canalizado.

Para os cálculos das vazões presente em cada uma das bacias, primeiramente foram calculados os tempos de concentração para cada uma delas, expostos na tabela 9, onde são mostrados os diferentes tempos de concentração calculados pelas diferentes formulas citadas anteriormente, sendo optado para os demais cálculos o valor obtido pela fórmula de Picking.

Tabela 9 - TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Método	Tempo de concentração (min)	
	BC1	BC2
Fórmula de Picking	5,50	8,25
Fórmula de Ven te Chow	5,98	8,83
Fórmula do <i>California Culverts Practice</i>	4,16	6,65

Fonte: (Rodrigues, 2021)

Após determinação do tempo de concentração e estabelecido os tempos de retorno, de 3, 5, 10, 25 e 100 anos, foi calculado as precipitações de chuvas intensas, expostas na tabela 10. Conforme explica (RODRIGUES, 2021) em seu trabalho, foi calculado somente as intensidades de precipitação para a estação do Campus Politécnico (Equação 1), visto que esta é a que mais e aproxima da região em estudo (cerca de 12 km).

Tabela 10 - PRECIPITAÇÃO PARA DIFERENTES TEMPOS DE RETORNO EM MM/H

Tempo de retorno (anos)	BC1	BC2
3	142,91	129,78
5	159,66	144,99
10	185,57	168,53
25	226,39	205,60
100	305,85	277,76

Fonte: (Rodrigues, 2021)

Em seguida (RODRIGUES, 2021) estima que os valores médios do coeficiente de escoamento para cada bacia são: 0,75 para BC 1 e 0,60 para BC 2, por serem valores mais próximos da realidade do que os encontrados por fórmulas, desta forma sendo possível se calcular as vazões de projeto presentes em cada uma delas. A tabela 11 indica as vazões de projetos calculadas para ambas bacias de contribuição através do método racional (equação 5) em diferentes tempos de retorno.

Tabela 11 - VAZÕES DE PROJETO PARA CADA BACIA

Tempo de retorno (anos)	Vazão de projeto (m <sup>3</sup> /s)	
	BC1	BC2
3	1,04	1,56
5	1,16	1,74
10	1,35	2,02
25	1,64	2,47
100	2,22	3,34

Fonte: (Rodrigues, 2021)

#### 5.4 Aspectos Legais

De acordo com o Plano Diretor de Colombo, Áreas de Interesse Social (AIS) são áreas que por definição devem ser alvo da Política Habitacional do Município, como também de programas habitacionais direcionados a população de baixa renda. Dentre elas, duas categorizações são possíveis: AIS 1 e AIS 2. Onde as AIS 1 são áreas já ocupadas por população de baixa renda e que apresentam irregularidades de ocupação e deficiência na infraestrutura. Já as AIS 2, são áreas para habitação da população que foi realocada de áreas de preservação. O Plano Diretor também define que áreas em locais desautorizados para ocupação não deverão ser declaradas como Áreas de Interesse Social e que os moradores de áreas de risco, ou de áreas de recuperação ambiental, estarão sujeitos a serem reassentados em outros locais. (COLOMBO, 2004).

Segundo o Plano Local de Habitação de Interesse Social de Colombo (PLHIS), a comunidade de Vila Nova deve ser definida, na próxima revisão do Plano Diretor Municipal, e ser classificada como uma AIS 1, uma vez que a área foi desapropriada para regularização fundiária. (PREFEITURA DE COLOMBO, 2014).

No que diz respeito as Áreas de Preservação Permanente (APP), a (PREFEITURA DE COLOMBO, 2019) reafirma que são áreas composta por matas ciliares e que, conforme o tamanho e tipo de corpo hídrico, uma largura mínima deve ser protegida. O Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651/2012) por sua vez, determina que a APP de cursos de água com até 10 metros de largura deve ser composta por faixas marginais com largura de 30 metros. O PLHIS com base em imagens de satélite classifica que, 13 das 303 moradias em Vila Nova estão localizadas dentro da cota de inundação e da APP do curso de água, 160 delas estão somente dentro da APP e 130 estão tanto fora da cota de inundação como da APP. (PREFEITURA DE COLOMBO, 2014).

Ainda a (PREFEITURA DE COLOMBO, 2014) afirma que as famílias em área de risco e em APP's devem ser direcionadas para o Programa de Realocação. Na área estudo, o número de famílias que devem ser realocados é de 173. Contudo, as famílias residentes em áreas fora da cota de inundação, mas ainda localizadas em Área de Preservação Permanente, podem ser atendidas pelo Programa de Melhorias Habitacionais, não sendo necessária realocação. E por fim moradias tanto

fora da cota de inundação como das APP's, devem ser atendidas pelo Programa de Urbanização e Regularização Fundiária de Assentamentos Precários.

### 5.5 Aspectos urbanísticos e econômicos

Por volta da metade dos anos 80, iniciou-se a ocupação da região de Vila Nova de forma individual, na época a área ainda era coberta por sua vegetação natural. (TETO, 2017).

No ano de 2017, a equipe do TETO realizou uma enquete na região de Vila Nova, determinando que a comunidade comportava 303 habitações, totalizando cerca de 576 moradores, possuindo um índice de 1,9 habitantes por moradia. Destacou ainda, que 52% dos moradores entrevistados não recebiam salário, ou recebiam valores abaixo do salário mínimo.

Nesta mesma enquete, (TETO, 2107) relata que 49% das moradias da área de estudo são feitas em alvenaria, 21% de retalhos, 18% de madeira específica para construção e o restante delas feitas de um misto de materiais. Destacando que nas regiões mais baixas do vale predominam as moradias são compostas de retalho e madeira.

No que diz respeito ao saneamento básico, principal tema abordado no presente trabalho, a TETO informa que 65% das moradias possuem abastecimento de água regular e 24% irregular, o restante 9%, faz uso de relógio de mediação coletiva. A enquete também relata que, na região de Vila Nova mais da metade das residências lançam efluentes domésticos diretamente no córrego que flui pela no vale da região e somente 34% das moradias apresentam ligação na rede pública de esgoto.

Com relação ao descarte de resíduos sólidos, a coleta é realizada principalmente em um ponto comum na comunidade, 55% do descarte de acordo com os moradores. A coleta porta-a-porta da Prefeitura é realizada no restante das moradias (TETO, 2017). Entretanto, é muito comum o despejo de esgoto sanitário e a deposição de resíduos sólidos diretamente no corpo hídrico. Na figura 7a é possível observar uma tubulação de esgotamento sanitário lançando o efluente diretamente no córrego, enquanto na figura 7b, resíduos sólidos variados estão depositados nas margens do corpo d'água.

TETO (2017) explicita os principais problemas relatados pelos moradores, sendo eles falta de pavimentação nas ruas; falta de saneamento; sujeira e lixo; e alagamentos. Pontuando também que, nos três meses anteriores à realização da enquete, cerca de 5% dos moradores afirmaram ter tido diarreia, doença relacionada ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI).

FIGURA 7 – LIXO DEPOSITADO E EFLUENTE LANÇADO NO CÓRREGO

a) Lixo as margens do córrego



b) Efluente lançado diretamente no córrego



Fonte: (O Autor, 2022)

## 5.6 SELEÇÃO DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE ESGOTAMENTO E DRENAGEM

Antes de ser feita a visita na área de estudo, algumas possíveis soluções para esgotamento sanitário e drenagem sustentável foram elencadas, para que em seguida, após a visita e estabelecidos critérios, uma ou um conjunto delas sejam dimensionadas.

Para drenagem será selecionado soluções com o intuito de diminuir ao máximo o escoamento superficial através de estratégias que diminuam os valores do coeficiente de escoamento para as bacias, aumentando o tempo de retenção das vazões de modo a diminuir o pico de cheia sobre a área de estudo, sendo estas soluções embasadas nos princípios de drenagem sustentável. Desta forma,

inicialmente se destacou as seguintes soluções: implementação de sistema de pavimentação permeável, construção de pequenas lagoas de retenção e utilização de águas de chuva, sendo estas baseadas nos princípios de drenagem urbana sustentável (SUDS). Já com base nas estratégias propostas pelo desenvolvimento urbano de baixo impacto (LIDS), foram elencadas as seguintes propostas: construção de jardins de chuva, trincheiras de infiltração e construção de cisternas para armazenamento de águas pluviais.

No que diz respeito ao esgotamento sanitário buscou-se levantar soluções embasadas no fluxograma da figura 2, buscando melhorar as condições de saúde e higiene da comunidade foco do estudo, por meio de técnicas que sejam ambientalmente sustentáveis e preferencialmente de baixo custo. Por se tratar de uma área onde o esgoto oriundo do vaso sanitário se mistura com águas cinzas, será pensado em um sistema de tratamento de esgoto doméstico que irá integrar uma ou mais dos seguintes sistemas de tratamento: tanque séptico, filtro anaeróbio, filtro de areia e reator anaeróbio compartimentado.

Após o levantamento das possíveis soluções de drenagem e esgotamento foi realizada visita na área de estudo, no dia 8 de abril de 2022, para levantamento das condições atuais da comunidade de Vila Nova, com o intuito de estabelecer critérios para a escolha dos sistemas a serem propostos e dimensionados. Na visita foi constatado que a área de estudo por se localizar em um vale possui alta declividade, solos com baixa permeabilidade, lençol freático com nível alto próximo as margens do córrego e com pouca área disponível devido ao grande número de habitações, sendo estes os principais critérios a serem avaliados no momento da escolha das soluções.

## 5.7 DEFINIÇÃO E CONCEPÇÃO DAS SOLUÇÕES

A concepção proposta inclui um sistema de esgotamento sanitário e um sistema de drenagem sustentável, esse último sendo desenvolvido a partir da proposta de (Rodrigues, 2021). Devido há falta de área disponível e baixa permeabilidade do solo para infiltração de água da chuva, a única saída viável encontrada foi construção de uma cisterna para armazenamento e reuso de água da chuva localizada na bacia de contribuição 1, esta bacia possui grande taxa de impermeabilização e devido à falta de galerias pluviais na região, concentra todo

esse escoamento superficial para o ponto do exutório 1, que em seguida é carregado para o córrego dentro da área de estudo. Sendo assim, nessa bacia foi identificado uma escola pública com expressiva área de telhado para captação de águas pluviais, e área passível para a construção de uma cisterna, essa medida visa reter uma parte do escoamento gerado nesta bacia, e desta forma, diminuir a vazão que chega no exutorio 1, que acaba afetando a área de estudo. A figura 8 ilustra, em planta, um esboço da configuração da concepção (telhado para captação e área onde poderá ser construída a cisterna).

FIGURA 8 - TELHADO PARA COLETA E CISTERNA



Fonte: (O Autor, 2022)

Como pode ser observado nas figuras 9a e 9b abaixo, tiradas durante a visita na área de estudo, grande parte das habitações possuem encanamento que descarregam o esgoto sanitário diretamente no córrego, visando aproveitar esse encanamento, o sistema de esgotamento sanitário é composto por dois interceptores (representados na cor vermelha) que acompanham o curso do córrego, ambos com diâmetros de 150 mm, os quais receberão o efluente oriundo das residências. Estes interceptores se conectam no ponto de encontro, ilustrado na figura 10, a partir do qual desenvolve-se um emissário (representado na cor amarela) que transporta o

esgoto até um terreno baldio com cerca de 130 m<sup>2</sup> de área, onde foi identificado a possibilidade da construção do sistema de tratamento de esgoto. Este sistema, por sua vez, é composto por três partes a primeira delas um tanque séptico, em seguida um filtro anaeróbio e por fim uma wetlands, um esquema em planta da área com o sistema está mostrado na figura 11. Optou-se por este sistema devido as suas características atenderem aos critérios levantados na área de estudo (área compatível com a área disponível, baixo custo de implementação, baixa frequência de manutenção do sistema e remoção satisfatória das cargas e concentrações dos poluentes presentes no efluente).

FIGURA 9 – ENCANAMENTO LANÇANDO EFLUENTE NO CÓRREGO



FIGURA 10 - VISTA DE PLANTA DOS INTERCEPTORES E EMISSÁRIO



Fonte: (O Autor, 2022)

FIGURA 11 - VISTA EM PLANTA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO



Fonte: (O Autor, 2022)

## 5.8 DIMENSIONAMENTO DAS SOLUÇÕES

Primeiramente nesta etapa será dimensionado o tamanho da cisterna para armazenamento e reuso de água da chuva. O telhado selecionado para captação da água de chuva, mostrado na figura 8, possui área de 3.800 m<sup>2</sup>. Adotando-se o valor de precipitação pelo tempo de retorno de 25 anos (226,39 mm/h) e de acordo com a equação 5, a vazão que pode ser captada por esse sistema ( $Q_c$ ) corresponde ao valor de  $Q_c = 0,215 \text{ m}^3/\text{s}$ .

A cisterna projetada para o armazenamento e reuso de águas pluviais teve suas dimensões e volumes propostos de acordo com a área disponível, sendo assim suas dimensões ficaram: 15 metros de largura, 30 metros de comprimento e 2,5 metros de profundidade, possuindo assim uma área de 450 m<sup>2</sup> e um volume total de armazenamento de 1.125 m<sup>3</sup>, um volume expressivo de armazenamento.

Agora será dimensionado a configuração de tratamento de esgoto a qual é composta por tanque séptico, filtro anaeróbio e *wetlands*. Esta configuração compõe um sistema descentralizado de esgotamento sanitário.

Primeiramente será dimensionado o tanque séptico, que de acordo com a NBR 7229/97, tem seu volume útil dado pela equação 6 abaixo.

$$V = 1000 + N \cdot (C \cdot T + K \cdot L_f)$$

Equação 6

Onde:

V: volume útil, em Litros;

N: número de pessoas;

C: contribuição per capita de esgoto, em L/pessoa.dia;

T: tempo de detenção, em dias; (Tabela 13)

K: taxa de acumulação do lodo digerido, em dias; (Tabela 14)

$L_f$ : contribuição do lodo fresco, em L/pessoa dia; (Tabela 12)

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento do tanque séptico foram:

N = 555 pessoas;

C = 60 L/hab.dia (valor estimado dada situação da área de estudo);

Td = 12h ou 0,5 dia (obtido da tabela 13);

$L_f$  = 1 (obtido da tabela 12);

K= 65 (obtido da tabela 14).

TABELA 12 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco ( $L_f$ ) por tipo de prédio e de ocupante

Prédio	Unidade	Contribuição, de esgotos (C) e lodo fresco ( $L_f$ )	
Ocupantes Permanentes:			
- Residência			
Padrão alto	pessoa	160	1
Padrão médio	pessoa	130	1
Padrão baixo	pessoa	100	1
- Hotel	pessoa	100	1
- Alojamento provisório	pessoa	80	1
Ocupantes temporários			
Fábrica em geral	pessoa	70	0,30
Escritório	pessoa	50	0,20
Edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
Escolas e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
Bares			
Restaurantes e similares	pessoa	6	0,10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	pessoa	25	0,10
Sanitários públicos	pessoa	2	0,02
	pessoa	480	4,0

Fonte: NBR 7229/93

TABELA 13 - PERÍODO DE DETENÇÃO DOS DESPEJOS, POR FAIXA DE CONTRIBUIÇÃO DIÁRIA

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
1501 - 3000	0,92	22
3001 - 4500	0,83	20
4501 - 6000	0,75	18
6001 - 7500	0,67	16
7501 - 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

Fonte: (NBR 7229/93)

TABELA 14 - 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 (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: (NBR 7229/93)

Tabela 15 - ALTURA ÚTIL MÍNIMA E MÁXIMA

Volume útil (m <sup>3</sup> )	Altura útil h mínima (m)	Altura útil h máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
6,0 – 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: (NBR 7229/93)

Definidos os parâmetros foi calculada a contribuição diária (vazão do efluente  $Q_e$ ) demonstrada pela equação 7 a seguir.

$$Q_e = N.C$$

Equação 7

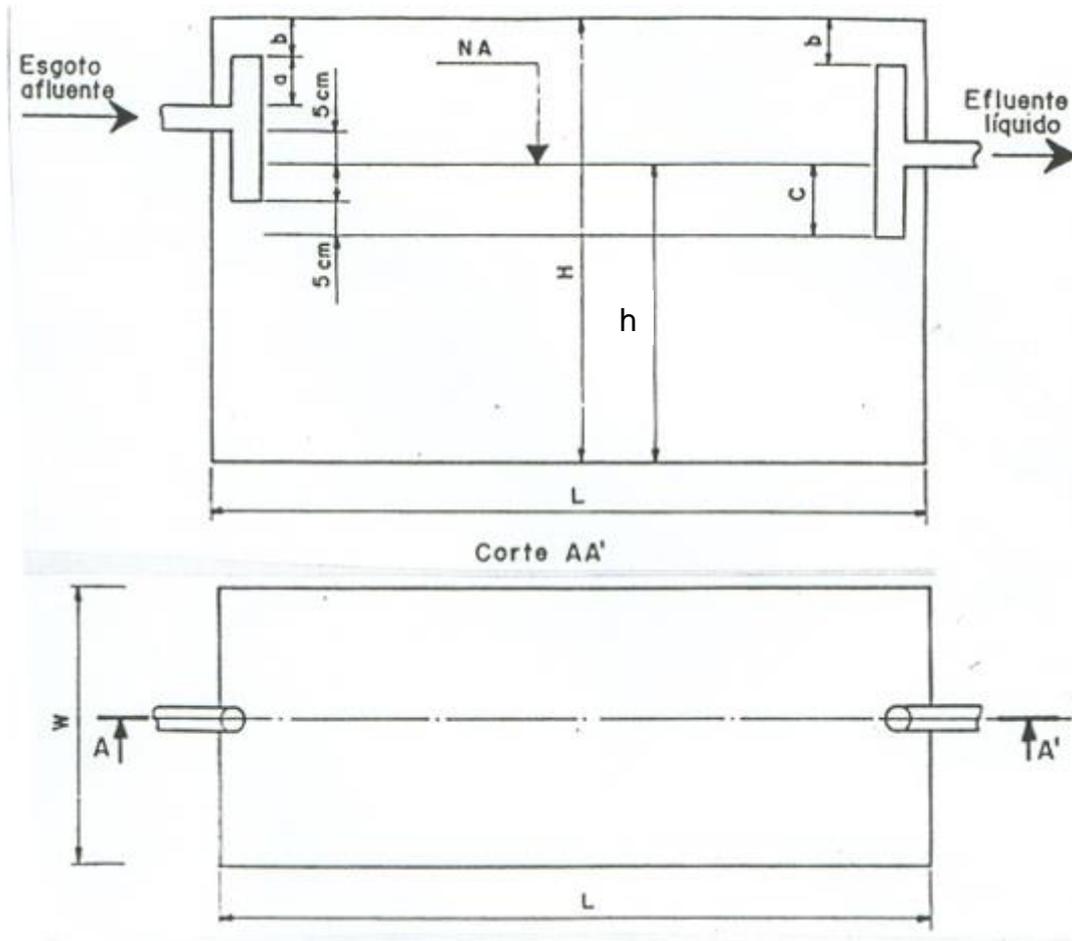
Encontrado assim uma contribuição diária esgoto de 33.300 L/dia ou 33,3 m<sup>3</sup>/dia.

Em seguida foi calculado o volume útil do tanque séptico para atender a essa contribuição, aplicando-se os parâmetros na equação 6, obtém-se um volume útil de 53.725 litros ou 53,73 m<sup>3</sup>. Após encontrado este volume, passa-se a calcular as dimensões do tanque (largura, comprimento e altura). A altura útil  $h$  é função do volume útil, e dada conforme tabela 15. A tabela 15 indica que para o volume do tanque encontrado, a altura útil do tanque deve estar entre 1,80 e 2,80 metros. Devido as condições do local adotou-se uma altura útil de 2,60 metros.

Com o valor da profundidade útil definida, após serem realizados testes, para atender a vazão de efluente gerado a forma adotada foi a retangular pelo fato de precisar de uma área menor quanto adotada a profundidade útil de 2,6 metros.

Sendo assim a NBR 7229/93 diz que para tanques retangulares a largura mínima deve ser de 0,80 metros, respeitando uma razão entre comprimento e largura que esteja entre 2:1 e 4:1. Devido a área disponível, para atender ao volume útil necessário de 53,73 m<sup>3</sup>, foi adota um valor de 2,333:1 na razão comprimento largura, adotando-se um comprimento de 7 metros e uma largura de 3 metros, ocupando uma área de 21 m<sup>2</sup>. Assim este tanque irá comportar um volume útil de 54,6 m<sup>3</sup> que atende ao volume útil proposto pela norma, além disso possuirá uma altura total de 2,8 metros, possuindo assim um volume total de 58,8 m<sup>3</sup>. A figura 12 abaixo mostra as vistas laterais e em planta do tanque séptico e suas relativas medidas.

FIGURA 12 – VISTAS LATERAL E EM PLANTA DO TANQUE SÉPTICO



Fonte: (adaptado de NBR 7229/93)

Onde:

$$a = 5 \text{ cm};$$

$$b = 5 \text{ cm};$$

$$c = 1/3 h = 0,86 \text{ cm};$$

$$h = \text{altura útil} = 2,6 \text{ metros}$$

$$H = \text{altura interna total} = 2,8 \text{ metros}$$

$$L = \text{comprimento interno total};$$

$$W = \text{largura interna total}.$$

Em seguida foi dimensionado o filtro anaeróbio que de acordo com a NBR 13.969/97, tem seu volume útil sua área, dadas pelas equações 8 e 9 abaixo respectivamente.

$$V = 1,6.N.C.T$$

Equação 8

$$A = V/h$$

Equação 9

Onde:

V: volume útil, em litros;

A= área transversal;

h: altura útil.

N: número de pessoas ou unidades de contribuição;

C: contribuição per capita de esgoto, em L/pessoa.dia;

T: tempo de detenção, em dias.

Os parâmetros utilizados para o dimensionamento do filtro anaeróbio foram semelhantes ao do tanque séptico e estão mostrados abaixo.

N = 555 pessoas;

C = 60 L/hab.dia (valor estimado dada situação da área de estudo);

T = 12h ou 0,5 dia (obtido da tabela 13);

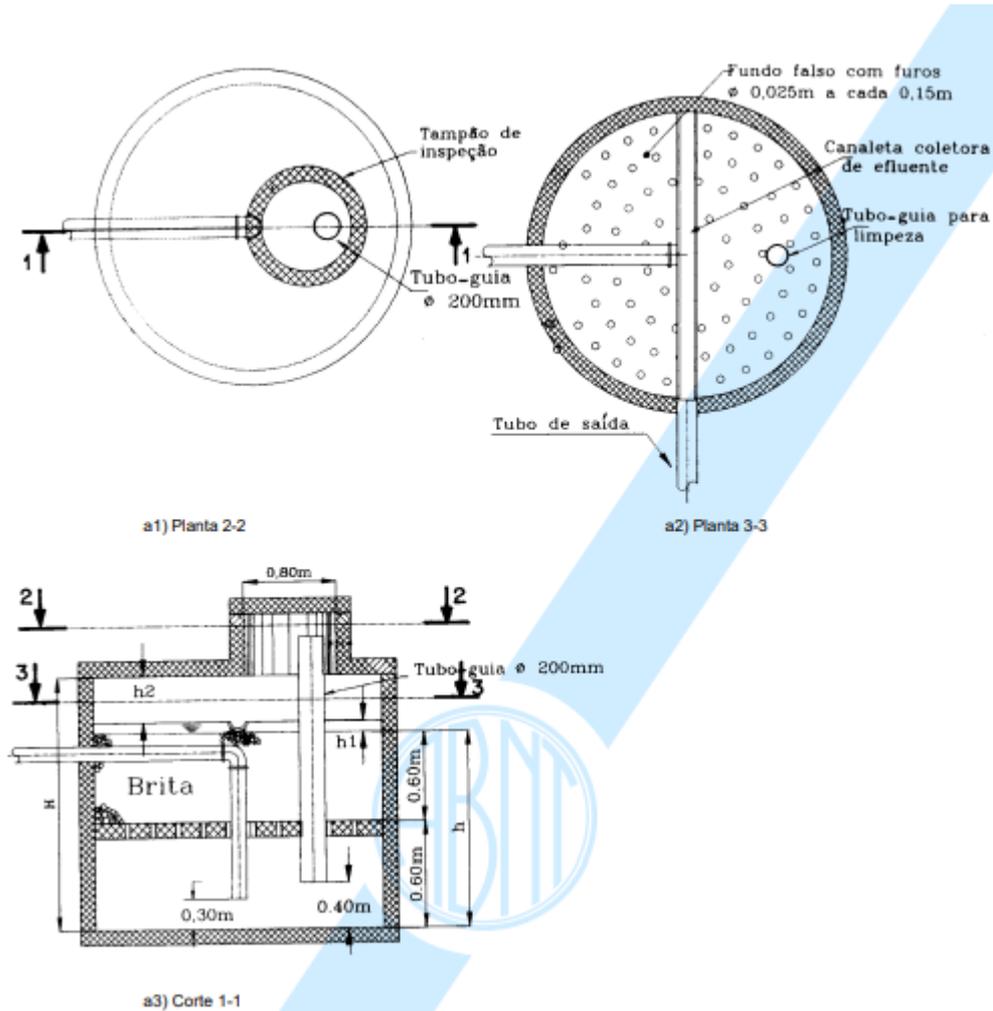
Assim, atribuindo estes parâmetros na equação 8, obtém-se um volume útil de 26.640 litros ou 26,64 m<sup>3</sup>. Em seguida foi selecionada a altura útil total do leito (h) do filtro como 1,20 metros, e de acordo com a equação 9, sendo estimada uma área de 22,2 m<sup>2</sup>. A partir desta área foi possível determinar o valor do diâmetro do filtro através da equação 10 abaixo.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$$

Equação 10

Encontrando-se um diâmetro de 5,32 metros sendo adotado o valor de 5,35 metros. Com diâmetro e altura útil determinados, obtém-se que o volume útil do filtro será de 26,97 m<sup>3</sup>, o que atende ao volume útil determinado pela norma, e seu volume total 39,34 m<sup>3</sup>. A figura 13 abaixo mostra um corte do filtro anaeróbio

Figura 13 – VISTA EM CORTE E PLANTA DO FILTRO ANAERÓBIO



Fonte: (Adaptado de NBR13969/97)

Onde:

$H = h + h_1 + h_2 =$  Altura interna total = 1,80 m;

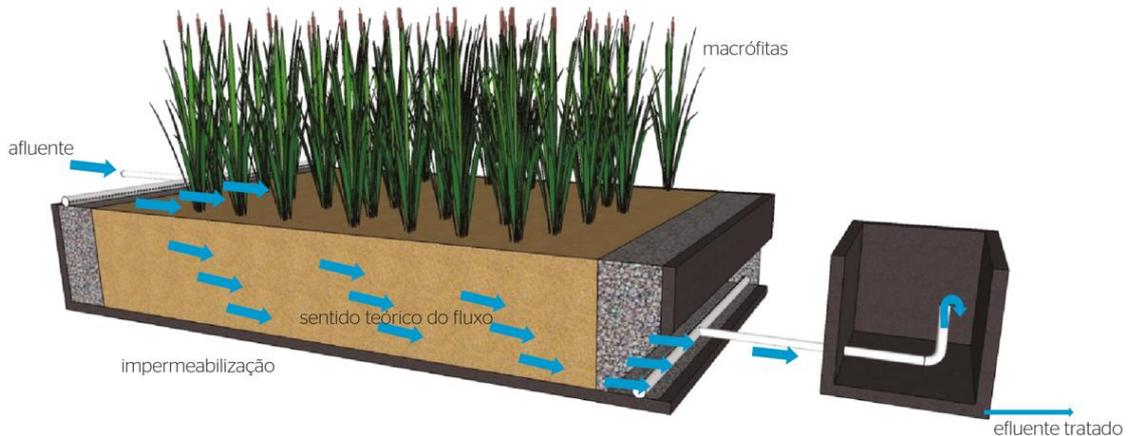
$h =$  altura total do leito = 1,20 m;

$h_1 =$  altura da lâmina livre = 0,20 m;

$h_2 =$  altura do vão livre = 0,40 m.

Por fim foi dimensionado a área superficial e volume das wetlands, sendo adotadas as seguintes características para esta unidade: fluxo sub-superficial, escoamento em pistão, meio filtrante composto por brita e cobertura vegetal composta por macrófita *Typha* spp. popularmente conhecidas como Taboa.

FIGURA 14 - PERSPECTIVA DE UMA WETLAND



Fonte: (Sezerino et. al., 2015)

De acordo com (Sezerino et al, 2015) a área superficial de um sistema de wetland é dada pela equação 11, a seguir.

$$A_s = Q \cdot \left( \ln \frac{C_a}{C_e} \right) / (K \cdot H_{liq} \cdot n)$$

Equação 11

Onde:

$A_s$  = área superficial,  $m^2$ ;

$Q$  = vazão de projeto,  $m^3/dia$ ;

$C_a$  = concentração afluente de DBO,  $mg/l$ ;

$C_e$  = concentração efluente esperada de DBO,  $mg/l$ ;

$K$  = coeficiente de remoção de DBO (1/d) para a temperatura do líquido,  $^{\circ}C$ ;

$H_{liq}$  = altura do líquido no interior do leito filtrante,  $m$ ;

$n$  = porosidade do meio filtrante, %.

Admitindo que o conjunto tanque séptico + filtro anaeróbio tenha eficiência de 70,00% na remoção de DBO, a DBO afluente ( $C_a$ ) ao wetlands é de  $200 \times 0,3 = 60 \text{ mg/l}$ . E pretende-se gerar uma DBO efluente ( $C_e$ ) de  $40 \text{ mg/l}$ . A vazão de projeto como calculada anteriormente para o tanque séptico é de  $33,3 \text{ m}^3/dia$ . Conforme (CONLEY; DICK; LIOW, 1991) e (SEZERINO et. al., 2015), o coeficiente  $K_{20}$  de remoção de DBO para  $20^{\circ} C$  pode variar de 0,21 a 2,92/d. Portanto, conforme (MELO & LINDNER, 2013), é adotado o valor de 1,1/d para  $20^{\circ} C$ . Para adequar a estimativa de  $K$  para outra temperatura,  $12^{\circ} C$  no caso, utiliza-se a seguinte equação de conversão:

$$K = K_{20} \cdot (1,07)^{(t-20)}$$

Equação 12

Onde:

K = coeficiente de remoção de DBO (1/d) para a temperatura do líquido, °C;

K<sub>20</sub> = coeficiente de remoção de DBO (1/d) para a temperatura de 20°C;

t = temperatura, °C.

Inseridos os valores na equação de conversão obtem-se um valor de coeficiente de remoção de 0,64/d para 12° C. Quanto à geometria (SEZERINO et. al., 2015) observam que a altura H máxima do leito filtrante registrada em pesquisas brasileiras é de 1,50 metros. Já o valor da altura do líquido (H<sub>liq</sub>) no meio filtrante deve ser inferior ao H de maneira a evitar a presença deste líquido na superfície do sistema. Assim, neste dimensionamento serão adotados os seguintes valores, para altura máxima (H) o valor 1,20 metros e para altura do líquido (H<sub>liq</sub>) o valor de 0,90 metros. Por outro lado, a porosidade (n) adotada para o meio filtrante composto de brita é de 35 %, sendo esta porosidade, a relação entre o volume dos poros entre as britas e o volume total do meio filtrante.

Dadas às considerações anteriores, destacando a vazão estimada de 33,3 m<sup>3</sup>/dia, a área superficial é estimada (A<sub>s</sub>) é de 66,4 m<sup>2</sup>. Para esta área e para a altura do líquido de 0,90 metros, o volume é da wetland é de 59,76 m<sup>3</sup>.

Após estimados a área e o volume, cumpre verificar o tempo de detenção, o qual dado pela seguinte expressão:

$$T_d = (n \cdot V) / Q$$

Equação 13

Onde:

T<sub>d</sub> = tempo de detenção, dias;V = volume do meio filtrante, m<sup>3</sup>

n = porosidade do meio filtrante, %.

Q = vazão de projeto, m<sup>3</sup>/dia;

Em decorrência, da vazão de projeto calculada, porosidade do meio escolhida e volume do meio infiltrante calculado encontra-se um tempo de detenção (T<sub>d</sub>) de 0,63 dias. (SEZERINO et. al., 2015) registram que os valores de (T<sub>d</sub>) variam

entre 0,5 e 12,3 dias, conforme levantamento em estudos nacionais, logo o valor calculado encontra-se dentro dos padrões dos estudos.

Para otimizar a área ocupada pela wetland, decidiu-se adotar 02 *wetlands* em paralelo, restando agora definir a geometria de cada unidade. Os autores (Costa *et al.* 2013), e (SEZERINO *et. al.*, 2015), adotaram a razão de comprimento (C) e largura (L), C/L igual a 8:1 em seu estudo. Não muito distante, (MELO & LINDNER, 2013) utilizaram a razão C/L com valor de 3:1. O importante, ressalta-se, é garantir o fluxo em pistão. Assim, neste estudo a razão C/L escolhida foi a de 4:1. Portanto, sendo em cada wetlands a composta por metade da área superficial calculada anteriormente.

$$A_1 = A_s/2$$

Equação 14

Onde:

$A_1$  = área de cada uma das wetlands, m<sup>2</sup>;

$A_s$  = área superficial total, m<sup>2</sup>.

Por fim então, foi estimado que cada uma das wetlands terá uma largura de 2,90 metros e comprimento de 11,6 metros, possuindo assim área superficial de 33,64 m<sup>2</sup> e volume de 30,28 m<sup>3</sup>. Atendendo aos valores calculados anteriormente.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após definidas as concepções, suas geometrias, áreas e volumes, cabe analisar e discutir os efeitos gerados por elas na área de Vila Nova.

No caso da solução de drenagem sustentável foi analisado o efeito que o sistema de reuso de água de chuva causou nas vazões que chegam na área de estudo (exútorio 1) para os diferentes tempos de retorno analisados, as vazões armazenadas pelo sistema de reuso foram calculadas através da equação 5 do método racional, gerando a seguinte tabela.

TABELA 16 – PERCENTUAL DE REDUÇÃO DAS VAZÕES DE PROJETO

<b>Tempo de Retorno (anos)</b>	<b>Vazão de Projeto BC 1 (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Vazão retida para reuso (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Percentual de redução da vazão</b>
3	1,04	0,14	14%
5	1,16	0,16	14%
10	1,35	0,19	14%
25	1,64	0,23	14%
100	2,22	0,31	14%

Fonte: (O autor, 2022)

Observa-se que a redução da vazão afluyente no exutorio 1 teve redução de 13% para todos os diferentes tipos de retorno, o que esperado uma vez que para os cálculos das vazões de projeto e vazões retidas as mesmas variáveis hidrológicas foram usadas, havendo apenas a diferença entre os coeficientes de escoamento superficiais e as áreas utilizadas para seus cálculos.

Vale ressaltar que para volumes de precipitação diários relativamente baixos o efeito de retenção é mais notável devido ao volume da cisterna de armazenamento que foi adotado, 1.125 m<sup>3</sup>. É importante destacar que esta foi a única alternativa viável para a drenagem, uma vez que a região de Vila Nova possui pouca área para tentativa de outras soluções.

No que diz respeito ao sistema de esgotamento proposto, pode-se calcular o percentual de redução de carga e concentração dos seguintes parâmetros: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos totais (SS), nitrogênio total (N total) e fosforo total (P total). As concentrações iniciais adotadas para estes parâmetros nos efluentes estão expressas na tabela a seguir.

TABELA 17 - CONCENTRAÇÕES DO ESGOTO DOMÉSTICO BRUTO

<b>Parâmetros</b>	<b>Concentração (mg/L)</b>
Sólidos Totais	800
DBO	300
N total	35
P total	10

Fonte: (Adaptado de dos Santos, 2021)

Através destas concentrações e da vazão de efluente calculada, foi possível também encontrar as cargas iniciais do efluente doméstico através da equação 15 abaixo, os valores das cargas do efluente bruto estão expressos na tabela 18.

$$C = C_e \cdot V / 1000$$

Equação 15

Onde:

C = carga, g/dia;

C<sub>e</sub> = concentração do efluente, mg/L

V = vazão de efluente, L.dia.

TABELA 18 – CARGAS DO ESGOTO DOMÉSTICO BRUTO

<b>Parâmetros</b>	<b>Carga (g/dia)</b>
Sólidos totais	26640
DBO	9990
N total	1165,5
P total	333

Fonte: (O autor, 2022)

A tabela 19 traz a faixa percentual de remoção de alguns poluentes conforme o tipo de tratamento utilizado, consideradas em conjunto com tanque séptico.

TABELA 19 – FAIXA PROVÁVEIS DE REMOÇÃO DOS POLUENTES, CONFORME TIPO DE TRATAMENTO, CONSIDERADAS EM CONJUNTO COM TANQUE SÉPTICO (%)

Processo / Parâmetro	Filtro anaeróbio submerso	Filtro aeróbio	Filtro de areia	Vala de filtração	LAB	Lagoa com plantas
DBO <sub>5,20</sub>	40 a 75	60 a 95	50 a 85	50 a 80	70 a 95	70 a 90
DQO	40 a 70	50 a 80	40 a 75	40 a 75	60 a 90	70 a 85
SNF	60 a 90	80 a 95	70 a 95	70 a 95	80 a 95	70 a 95
Sólidos sedimentáveis	70 ou mais	90 ou mais	100	100	90 a 100	100
Nitrogênio amoniacal	-	30 a 80	50 a 80	50 a 80	60 a 90	70 a 90
Nitrato	-	30 a 70	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 80
Fosfato	20 a 50	30 a 70	30 a 70	30 a 70	50 a 90	70 a 90
Coliformes fecais	-	-	99 ou mais	99,5 ou mais	-	-

1) Para obtenção de melhores resultados, deve haver combinações complementares.

2) Os valores limites inferiores são referentes a temperaturas abaixo de 15°C; os valores limites superiores são para temperaturas acima de 25°C, sendo também influenciados pelas condições operacionais e grau de manutenção.

3) As taxas de remoção dos coliformes não devem ser consideradas como valores de aceitação, mas apenas de referência, uma vez que 0,5% residual de coliformes do esgoto representa centenas de milhares destes.

Fonte: (NBR13969/97)

Como já citado anteriormente, estimou-se que o efluente que sai do sistema tanque séptico + filtro anaeróbio possui redução de 70% no parâmetro de DBO, e será estimado 25% para remoção de fosfato e 70% para sólidos totais. Será estimado também que o sistema de wetlands terá uma eficiência de remoção de 30% em DBO, 95% em sólidos totais, 70% em nitrogênio total e 70% em fósforo total. Desta forma pode-se calcular as concentrações e cargas do efluente tratado, e a eficiência total de remoção dos parâmetros citados anteriormente, pelo sistema de esgotamento proposto, estes valores estão expressos na tabela abaixo.

TABELA 20 - PERCENTUAL TOTAL DE REMOÇÃO DE CONCENTRAÇÃO DOS POLUENTES

Parâmetros	Concentração (mg/L)		Percentual total de remoção (%)
	Efluente Bruto	Efluente Tratado	
Sólidos totais	800	40	95
DBO	300	40	86,67
N total	35	10,5	70
P total	10	2,25	77,5

Fonte: (O Autor, 2022)

TABELA 21 - PERCENTUAL TOTAL DE REMOÇÃO DE CARGA DOS POLUENTES

Parâmetros	Carga (g/dia)		Percentual total de remoção (%)
	Efluente Bruto	Efluente Tratado	
Sólidos totais	26640	1332	95
DBO	9990	1332	86,67
N total	1165,5	349,65	70
P total	333	74,925	77,5

Fonte: (O Autor, 2022)

Com base nos valores de concentrações obtidos para o efluente tratado, pode-se concluir que este efluente atende as condições e padrões para efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários impostos pela CONAMA 430/11. Validando assim a escolha do sistema de esgotamento sanitário proposto.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou identificar e avaliar as soluções integradas de esgotamento sanitário e drenagem sustentável para comunidade de Vila Nova (Colombo-PR), bem como propor o dimensionamento delas. Para tanto, analisou-se as vazões do córrego que flui no talvegue da região, para diferentes tempos de recorrência (3, 5, 10, 25 e 100 anos) e analisando a influência das medidas selecionadas sobre elas. Além de levantar critérios para escolha adequada do sistema de esgotamento sanitário.

É importante ressaltar que as características da rede de drenagem a montante e a jusante do trecho em estudo são desconhecidas e interferem na área. Entretanto, este estudo se mostra coerente com os episódios relatados pelos moradores e a área mais afetada pelas inundações, localiza-se a jusante da região conflitante. Ainda se pontua que não houve possibilidade de acesso a relatos mais detalhados de moradores e ao histórico público de ocorrência de inundações e doenças relacionadas a falta de saneamento básico na comunidade. É importante pontuar também que além de medidas estruturais como propostas por este estudo e por (RODRIGUES, 2021) algumas medidas não estruturais como palestras de educação ambiental e mutirões para limpeza da região de estudo também se fazem muito necessárias.

Levando em conta, que atualmente, a área da comunidade de Vila Nova está em processo de regularização, a adoção das soluções propostas é essencial e

urgente para garantia do bem-estar dos habitantes. Porém, destaca-se que a solução mais segura, humana e ambientalmente correta é a realocação de todas as moradias inseridas na Área de Preservação Permanente. O fornecimento destas informações busca contribuir para a construção do conhecimento das entidades sobre a situação ambiental de Vila Nova e para melhoria de saneamento.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: Abnt, 1999. 74 p.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: Abnt, 1993. 15 p.
- ALVIM, Mariana. Saneamento é básico, mas não existe. 2014.
- ASHLEY, R.; LUNDY, L.; WARD, S.; SHAFFER, P.; WALKER, L.; MORGAN, C.; SAUL, A.; WONG, T.; MOORE, S. Water-sensitive urban design: opportunities for the UK. Proceedings of the ICE-Municipal Engineer, v. 166, n. 2, p. 65-76. 2013.
- BENETTI, Andressa Berno. MÉTODO PARA CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES DE SANEAMENTO INTEGRADO PARA REVALORIZAÇÃO DE ÁREAS FRAGILIZADAS. 2015
- BRASIL. Medida provisória nº 868, de 27 de dezembro de 2018. Casa Civil, Brasília.
- BRASIL, A. L.; Freitas, M. L. H.; Fernandes, P. M.; Polleto, C. 2014. A falta de saneamento como geradora de conflitos sociais e inibidora de iniciativas que diminuam riscos e contaminações. In: XXXIV – Congresso Interamericano de Ingenieria Sanitária y Ambiental.
- BUENO, Daniel Augusto Camargo. Filtros anaeróbios com pós-tratamento em filtros de areia intermitentes: Desempenho em operação crítica. 2017. 466 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Área de Saneamento e Ambiente, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
- BUTLER, D.; DAVIES, J. W. Urban Drainage. 1ª edição. London: E & FN Spon, 2000.
- Cairncross S, Feachem R. Environmental health engineering in the tropics: an introductory text. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester (UK): Wiley & Sons; 1993.
- CEZARINA, Maria Nobre Souza. Relação Saneamento-Saúde-Ambiente: os discursos preventivista e da promoção da saúde, Saúde Soc. São Paulo, v.16, n.3, p.125-137, 2007.
- CONLEY, L. M.; DICK, R. I.; LIOW, L. W. An assessment of the root zone method of wastewater treatment. Research Journal of the WPCF, v.63, n.3, p. 239-247, 1991.
- CRITES, R. W.; TCHOBANOGLIOUS, G. Small and decentralized wastewater management systems. USA, 1998.
- CRUZ, Marcus A. S. CONTROLE DA DRENAGEM URBANA NO BRASIL: AVANÇOS E MECANISMOS PARA SUA SUSTENTABILIDADE, 2007

DENALDI, R. Identificação e Caracterização das Favelas no Âmbito dos Planos Locais de Habitação de Interesse Social (PLHIS). In: Seminário O que é Favela Afinal?. Caderno de Textos. 2009.

DOS SANTOS, D. C. Caderno de Saneamento Ambiental, Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2021.

DIAS e ANTUNES, Estudo comparativo de projeto de drenagem convencional e sustentável para controle de escoamento superficial em ambientes urbanos, Rio de Janeiro, 2010.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, Q. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRANDKRAJEWSKI, J.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. Urban Water Journal, v. 12, n. 7, p. 525-542. 2015.

FONSECA, Alexandre Ribeiro. Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil. 2008. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Departamento de Saúde e Saneamento Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2008.

Fundação Nacional de Saúde (Brasil). Arranjos tecnológicos para tratamento de esgotos sanitários de forma descentralizada. Ministério da Saúde. Brasília: FUNASA, 2014.

FUNASA. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento: Orientações técnicas. 3. ed. Brasília, 2007. 408 p.

FROTA, H. B. Reforma Urbana e a Nova Ordem Jurídico-Urbanística no Brasil. XXI ERED/ERAJU. Anais... Crato: URCA, 2008.

HOEPERS, Taiane Regina. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO E SISTEMA COMBINADO ALTERNATIVO, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2011). Atlas do Saneamento.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo demográfico de 2010. Rio de Janeiro, 2012.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA / INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPEA/IPARDES). Assentamentos Precários Urbanos: Espaços da Região Metropolitana de Curitiba. Relatório II. 2010.

LIBRALATO, G. GHIRARDINI, A. V. AVEZZÜ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. Journal of Environmental Management, v. 94, p. 61-68. 2012.

LOBATO, Marllon Boamorte. SISTEMA DE APOIO À DECISÃO PARA PLANEJAMENTO, IMPLEMENTAÇÃO E GESTÃO DE AÇÕES ESTRUTURAIS DE SISTEMA CONVENCIONAL E ÚNICO ALTERNATIVO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO E DRENAGEM URBANA PARA MUNICÍPIOS, 2020.

LOURENÇO, R. R. de A. Sistemas urbanos de drenagem sustentáveis. 164f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2014.

MACHADO, P.J.O. Urbanização e modificações no córrego Independência, Juiz de Fora/MG. Cadernos do Núcleo de Análises Urbanas, v.9, n.1. p. 135 – 154. 2016.

MARTINETTI, Thaís Helena. Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares. 2015. 292 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A.. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. Journal Of Environmental Management, [s.l.], v. 90, n. 1, p.652-659, jan. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.07.001>.

OJIMA, R. As Cidades Invisíveis: A Favela Como Desafio Para Urbanização Mundial. Rev. bras. estud. popul. vol.24 no.2 São Paulo July/Dec. 2007.

Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) 2009. Water in a changing world.

Philip, R. (2011). Kit de Treinamento SWITCH Gestão Integrada das Águas Urbanas na Cidade do Futuro: Gestão de Águas Pluviais: Explorando Opções. Módulo 4.

PONTES, C.V. Análise da susceptibilidade a movimentos gravitacionais de massa da comunidade de Vila Nova, Colombo/PR. Trabalho de Final de Curso (Engenharia Civil) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2019.

RODRIGUES, Michele de Lima. ESTUDO DE CASO: INUNDAÇÕES URBANAS NA COMUNIDADE DE VILA NOVA, COLOMBO-PR, 2021.

SAMPAIO, Américo de Oliveira. Editorial. Revista Dae. São Paulo, p. 3-3. set. 2011.

SIQUEIRA, MARIANA SANTIAGO, ET AL. INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RELACIONADAS AO SANEAMENTO AMBIENTAL INADEQUADO NA REDE PÚBLICA DE SAÚDE DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL, 2010-2014.

TEIXEIRA, J. C.; GUILHERMINO, R. L. Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do banco de dados indicadores e dados básicos para a saúde 2003-IDB 2003. In: Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 11, n. 3, p. 277-282, 2006.

TONETTI et al. Tratamento de Esgotos Domesticos em Comunidades Isoladas, Bilbioteca Unicamp, 2018.

TSUTIYA, M. T.; ALÉM SOBRINHO, P. Coleta e transporte de esgoto sanitário. 3a edição. Rio de Janeiro: ABES, 2011

TUCCI, C.E.M (Org). Hidrologia: Ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS. 2001. 943 p.

TUCCI, C.E.M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C.E.M; BERTONI, J.C.(Orgs.). Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos. 2003. cap. 3, p.45-141.

UNITED STATES. Department of Defense [USDoD]. “Unified Facilities Criteria (UFC) Design: Low Impact Development Manual”. 96 p. 2004.

USEPA, 2021. disponível em: <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>

VAN LIER, J.B. AND LETTINGA, G. Appropriate Technologies for Effective Management of Industrial and Domestic Waste Waters: The Decentralised Approach. Water Science and Technology. v. 40, n. 7, p. 171-183. 1999.

VOLSCHAN, I.; TSUTIYA, M. T.; MARTINS, R. H. O.; YAZAKI, L. F. O. Sistema unitário x sistema separador absoluto qual o mais atraente para as condições brasileiras. Revista DAE. v. 180. p. 40-43. 2009.

WOODS-BALLARD, B.; et al. The SUDS Manual. London: CIRIA, 2015.

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; MARTIN, P.; JEFFERIES, C.; BRAY, R.; SHAFFER, P. The SuDS Manual. CIRIA C697. CIRIA, Classic House, 174–180 Old Street, London, EC1V 9BP. 2007.

## ANEXO 1 – RELÁTORIO FOTOGRÁFICO

Abaixo são apresentadas imagens da região de estudo tiradas durante visita no dia 8 de abril de 2022.











