

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**ISADORA SIRENA ECCKER**

**PROPOSTA DE TRANSIÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO  
PARA O SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO NO BAIRRO CHÁCARAS EM  
GARIBALDI/RS**

**São Leopoldo  
2019**

ISADORA SIRENA ECCKER

**PROPOSTA DE TRANSIÇÃO DA REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO  
PARA O SISTEMA SEPARADOR ABSOLUTO NO BAIRRO CHÁCARAS EM  
GARIBALDI/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado como requisito parcial para  
obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Civil, pelo Curso de  
Engenharia Civil da Universidade do Vale  
do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Esp. Emilio Roberto Wild

São Leopoldo

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, a minha família, especialmente aos meus pais José Antônio e Maria Luiza e a minha irmã Letícia. Devo a vocês tudo o que tenho hoje e quero que saibam o quanto sou grata por cada oportunidade e incentivo. Obrigada pela compreensão nos momentos de estresse e pela parceria nos momentos de descontração, fundamentais para que eu realizasse um bom trabalho. Amo muito vocês.

Aos meus amigos, por me acompanharem em todas as etapas da vida. Agradeço por compreenderem meus momentos de ausência e por todo apoio.

Às novas amizades construídas durante os anos de graduação. Tenho certeza de que terei excelentes colegas de profissão e amigos para toda vida.

Ao meu orientador Emilio pelo auxílio durante esse ano e por ter colaborado tanto na minha formação.

A todos que estiveram comigo durante essa etapa e que me auxiliaram de alguma forma. Gratidão por ter tantas pessoas maravilhosas em minha vida.

## RESUMO

O presente trabalho consiste no estudo sobre a transição da rede coletora de esgoto do sistema unitário para o sistema separador absoluto no município de Garibaldi/RS através de coletores tronco, baseando-se nas soluções adotadas pelo município de Caxias do Sul/RS. Tendo em vista as vantagens do sistema separador em termos econômicos, executivos e ambientais e em função das semelhanças econômicas e físicas de Caxias do Sul com o município de Garibaldi, realizou-se o dimensionamento da rede coletora para uma área piloto de Garibaldi. Através da análise da rede existente, bem como dos dados populacionais e do relevo da área, determinou-se o traçado da rede e o dimensionamento da mesma. Ainda, através da identificação do ponto mais baixo da área de estudo, posicionou-se uma estação de tratamento de esgotos para receber a vazão coletada e transportada pela nova rede. Desenvolveu-se um pré-levantamento de custos de implantação da rede com base no material e diâmetro do tubo; tipo de solo da região; profundidade de escavação; acessórios utilizados e características da pavimentação do local. Dessa forma, concluiu-se que o custo total da implantação é de R\$ 93.206,36 e que em 25 meses de cobrança de tarifa de esgotamento sanitário, apurada através do valor do metro cúbico da água e sem considerar os custos administrativos e de manutenção da Corsan, o investimento da implantação seria recuperado. Além disso, a implantação garante que um maior volume de esgoto seja tratado e aproxima a rede coletora de esgoto sanitário de Garibaldi ao previsto pelas normas brasileiras.

**Palavras-chave:** Rede coletora de esgoto. Sistema separador absoluto. Esgotamento sanitário. Dimensionamento da rede coletora de esgoto.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação do sistema unitário .....	19
Figura 2 – Representação do sistema separador absoluto .....	20
Figura 3 – Variação típica de vazão em um sistema unitário .....	22
Figura 4 – Corte esquemático de uma ligação domiciliar ao coletor público de esgoto sanitário.....	28
Figura 5 – Corte esquemático de um PV convencional.....	30
Figura 6 – Corte esquemático de um TL convencional .....	31
Figura 7 – Corte esquemático de um TIL convencional .....	32
Figura 8 - Vista lateral do poço não visitável tipo inspeção tubular para cabeceiras.	33
Figura 9 – Perfil de um poço não visitável tipo inspeção tubular.....	33
Figura 10 – Planta esquemática de uma CP convencional .....	34
Figura 11 – Corte esquemática de uma CP convencional .....	35
Figura 12 – Sifão invertido entre câmaras visitáveis .....	36
Figura 13 – Componentes do sistema de esgotos combinados .....	37
Figura 14 – Desenho esquemático de um conjunto elevatório.....	39
Figura 15 – Vazão excedente do sistema unitário extravasada a corpos d'água.....	41
Figura 16 – Tipos de boca de lobo .....	44
Figura 17 – Localização das bocas de lobo em cruzamentos de vias.....	45
Figura 18 – Localização da caixa de ligação.....	45
Figura 19 – Esquema da rede de esgoto de Caxias do Sul .....	49
Figura 20 – Ligação à rede pluvial e à rede coletora de esgoto.....	51
Figura 21 – Ligação das economias à rede coletora de esgoto e responsabilidades do proprietário .....	52
Figura 22 – Mapa de localização do município de Garibaldi .....	54
Figura 23 – Localização dos sistemas de tratamento de esgoto de Garibaldi/RS.....	63
Figura 24 – ETE Fenachamp com obstruções e transbordamentos .....	65
Figura 25 – Sistema de tratamento ETE Parque Fenachamp .....	68
Figura 26 – Delimitação das sub-bacias hidrográficas de Garibaldi/RS .....	69
Figura 27 – Descargas concentradas no Arroio Marrecão .....	69
Figura 28 – Coloração escura identificada no Arroio Marrecão.....	70
Figura 29 – Bairro escolhido para o desenvolvimento do projeto piloto .....	71
Figura 30 – Área do bairro selecionada para o desenvolvimento do projeto piloto ...	71

Figura 31 – Localização da ETE da área de contribuição em estudo .....	72
Figura 32 – Terreno selecionado para a ETE da área de contribuição em estudo....	72
Figura 33 – Vertedor ajustável .....	74
Figura 34 – Poço de visita tipo “N” .....	77
Figura 35 – Poço não visitável tipo inspeção tubular .....	78
Figura 36 – Vertedor a ser utilizado na ligação entre redes .....	78
Figura 37 – Assentamento da tubulação apoiada em berço envoltório de material granular .....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Evolução anual do tratamento de esgoto em Caxias do Sul.....	48
Gráfico 2 – Valores acumulados anualmente nas obras de implantação de redes executadas pelo SAMAE e redes de loteamentos executadas pelas urbanizadoras	50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Vazões máximas afluentes às ETEs durante períodos de chuva.....	40
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Espaçamento dos poços de visita em metros .....	46
Tabela 2 – Parâmetros utilizados no cálculo das vazões .....	56
Tabela 3 – Dados para a escavação .....	61
Tabela 4 – Extensão dos trechos da rede com contribuição dos dois lados .....	75
Tabela 5 – Resumo das vazões .....	76
Tabela 6 – Orçamento da implantação .....	80
Tabela 7 – Divisão do valor do investimento .....	81

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA.....	14
1.2 OBJETIVOS .....	14
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>14</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>14</b>
1.3 JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
2.1 BREVE HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE ESGOTO .....	16
2.2 SISTEMAS DE ESGOTO .....	17
<b>2.2.1 Classificação dos Sistemas de Esgoto</b> .....	<b>17</b>
2.2.1.1 Sistema de Esgotamento Unitário .....	18
2.2.1.2 Sistema de Esgotamento Separador Parcial.....	19
2.2.1.3 Sistema Separador Absoluto.....	20
<b>2.2.2 Desvantagens do Sistema de Esgotamento Unitário</b> .....	<b>21</b>
2.2.2.1 Quanto ao Investimento .....	21
2.2.2.2 Quanto à Execução.....	22
2.2.2.3 Quanto à Vazão .....	22
2.2.2.4 Quanto ao Tratamento .....	23
<b>2.2.3 Vantagens do Sistema Separador Absoluto</b> .....	<b>23</b>
2.2.3.1 Quanto ao Investimento .....	24
2.2.3.2 Quanto à Execução.....	24
2.2.3.3 Quanto ao Tratamento .....	24
2.2.3.4 Quanto à Vazão .....	25
<b>2.2.4 Caracterização Sanitária dos Esgotos</b> .....	<b>25</b>
2.2.4.1 Tipos de Despejos.....	25
2.2.4.2 Composição e Classificação dos Esgotos Sanitários.....	26
2.2.4.3 Características Físicas .....	26
2.2.4.4 Características Químicas .....	27
<b>2.2.5 Componentes de um Sistema de Esgoto Sanitário</b> .....	<b>27</b>
2.2.5.1 Ligação Predial.....	27
2.2.5.2 Coletor de Esgoto.....	28
2.2.5.3 Coletor Principal ou Secundário .....	28

2.2.5.4 Coletor-tronco.....	28
2.2.5.5 Interceptor .....	29
2.2.5.6 Emissário.....	29
2.2.5.7 Poço de Visita (PV) .....	29
2.2.5.8 Terminal de Limpeza (TL), Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL) e Inspeção Tubular (IT).....	31
2.2.5.9 Caixa de Passagem (CP).....	34
2.2.5.10 Sifão Invertido .....	35
2.2.5.11 Corpo Receptor .....	36
2.2.5.12 Estruturas de Regulação e Desvio .....	37
2.2.5.13 Estação Elevatória.....	38
2.2.5.14 Estação de Tratamento .....	39
<b>2.2.6 Tratamento de Esgotos Combinados .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.7 Manutenção de Sistemas Coletores .....</b>	<b>42</b>
2.3 REDE PLUVIAL.....	42
<b>2.3.1 Microdrenagem Urbana .....</b>	<b>42</b>
2.3.1.1 Sarjeta .....	43
2.3.1.2 Boca de Lobo .....	43
2.3.1.3 Tubo de Ligação e Caixa de Ligação.....	45
2.3.1.4 Galerias .....	46
2.3.1.5 Poço de Visita .....	46
<b>2.3.2 Macrodrenagem.....</b>	<b>47</b>
2.4 EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DE REDES DO TIPO SEPARADOR ABSOLUTO - CAXIAS DO SUL/RS .....	47
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>53</b>
3.1 ESTUDO DE CASO – GARIBALDI/RS .....	53
3.2 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE GARIBALDI/RS .....	54
3.3 DIAGNÓSTICO DO CORPO RECEPTOR DE GARIBALDI/RS .....	54
3.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	55
<b>3.4.1 Bairro Escolhido para o Desenvolvimento do Projeto.....</b>	<b>55</b>
<b>3.4.2 Área da ETE .....</b>	<b>55</b>
<b>3.4.3 Traçado da Rede .....</b>	<b>55</b>
3.5 CÁLCULO DA VAZÃO .....	55

3.6 DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA .....	57
<b>3.6.1 Declividade da Tubulação por Trecho .....</b>	<b>57</b>
<b>3.6.2 Velocidades de Escoamento .....</b>	<b>58</b>
3.6.2.1 Velocidade da Seção Plena ( $V_o$ ) .....	58
3.6.2.2 Velocidade Crítica ( $V_c$ ) .....	59
3.6.2.3 Velocidade Real no Trecho .....	59
<b>3.6.3 Altura da Lâmina de Água nas Tubulações .....</b>	<b>59</b>
<b>3.6.4 Verificação do Remanso .....</b>	<b>60</b>
<b>3.6.5 Profundidade da Tubulação e dos Acessórios .....</b>	<b>60</b>
3.7 ESCAVAÇÃO, ASSENTAMENTO DOS TUBOS E REATERRO DAS VALAS ...	60
3.8 PRÉ-LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO .....	61
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE GARIBALDI/RS .....	62
<b>4.1.1 Bela Vista .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.2 Cairú .....</b>	<b>64</b>
<b>4.1.3 Fenachamp .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1.4 São José .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1.5 Tramontina .....</b>	<b>66</b>
<b>4.1.6 Três Lagoas .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.7 Vale Verde .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1.8 ETE Parque Fenachamp .....</b>	<b>68</b>
4.2 DIAGNÓSTICO DO CORPO HÍDRICO RECEPTOR DE GARIBALDI/RS .....	68
4.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	70
4.4 LOCALIZAÇÃO DA ETE .....	72
4.5 TRAÇADO DA REDE E LIGAÇÃO À REDE EXISTENTE .....	73
4.6 DADOS POPULACIONAIS .....	74
4.7 CÁLCULO DA VAZÃO .....	75
4.8 DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA .....	76
4.9 ACESSÓRIOS UTILIZADOS .....	77
<b>4.9.1 Poços de Visita .....</b>	<b>77</b>
<b>4.9.2 Inspeção Tubular .....</b>	<b>78</b>
<b>4.9.3 Vertedor .....</b>	<b>78</b>
4.10 ESCAVAÇÃO, ASSENTAMENTO DOS TUBOS E REATERRO DAS VALAS .	79

<b>5 DISCUSSÃO.....</b>	<b>80</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>81</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA SEPARADORA ABSOLUTA .....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE B – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA REDE COLETORA DE ESGOTO.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO A – MAPA DA REDE DE ESGOTO EXISTENTE .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO B – TABELAS UTILIZADAS NO DIMENSIONAMENTO DA REDE.....</b>	<b>93</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No Brasil, apesar de existirem os três tipos de sistemas de esgotos – separador absoluto, separador parcial e unitário – apenas os projetos do primeiro tipo são normatizados. Ainda, Gehling e Benetti (2005) apontam que raramente uma cidade brasileira possui apenas o sistema separador absoluto.

Tsutiya e Bueno (2005) afirmam que, contrário ao previsto por norma, as águas pluviais chegam ao sistema separador absoluto por meio de ligações clandestinas e falhas nas instalações. Dessa forma, tem-se em operação um sistema separador parcial.

As contribuições pluviais parasitárias oneram o tratamento de esgoto, de modo que, nos países em que o sistema utilizado é o unitário, a vazão afluyente às estações de tratamento são limitadas. Aquela que ultrapassar o limite é extravasada para corpos receptores. (TSUTIYA, BUENO, 2005).

Sabe-se que, por garantir que um maior volume de esgoto seja tratado antes de despejado em um corpo receptor, o sistema separador absoluto é o melhor sob o ponto de vista ecológico. Em vista disso, diversos municípios brasileiros buscam implementar esse sistema, modificando sua rede de esgoto sanitário e sua rede pluvial através de um Plano Diretor de Esgotamento Sanitário.

O Plano do município de Caxias do Sul/RS prevê a adoção do sistema separador absoluto e, conseqüentemente, o aumento do volume de esgoto tratado anualmente. Segundo o Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAE) (2018), em uma primeira fase busca-se aproveitar o sistema unitário existente. O motivo para essa separação em fases é o alto custo que a implementação acarreta, principalmente em função das características do solo da região, predominantemente rochoso. Nas áreas do município em desenvolvimento, deve-se prever o sistema separador absoluto.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de Garibaldi/RS (2012, t. 4), o sistema de esgotamento do município em questão é o unitário. Há redes separadoras absolutas, porém essas limitam-se aos loteamentos mais recentes. Segundo o mesmo, as estações de tratamento de esgoto existentes necessitam de adaptação.

Tendo em vista a semelhança das características físicas dos municípios citados, buscou-se a adequação do sistema de esgotamento sanitário de uma área

do município de Garibaldi com base nas soluções tomadas pelo município de Caxias do Sul. O projeto piloto desenvolvido pode ser tomado como base para as demais áreas da cidade.

## 1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA

O tema deste trabalho consiste no dimensionamento de um coletor separador absoluto ligado à rede do sistema unitário de um município para, posteriormente, adequar a rede de esgoto desse às normas atuais, haja vista a situação irregular das redes de muitos municípios brasileiros.

Com base no processo de adaptação da rede de esgoto de uma cidade próxima e tendo em vista as possíveis dificuldades nesse envolvidas, o trabalho delimita-se ao bairro Chácaras, em Garibaldi/RS, cujo sistema de esgotamento atual é o unitário.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor um projeto para a implantação do sistema separador absoluto em uma área do bairro Chácaras, em Garibaldi/RS, buscando a adaptação às normas vigentes.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do presente trabalho são:

- a) diagnosticar o sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos e pluvial de Garibaldi/RS;
- b) projetar o sistema de rede cloacal para o bairro Chácaras;
- c) analisar as estratégias de implantação de redes do tipo separador absoluto de Caxias do Sul/RS;
- d) executar um pré-levantamento de custos de implantação da rede.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

As normas brasileiras determinam e favorecem a implantação do sistema separador absoluto de esgotos, não havendo orientação quanto aos demais tipos de sistema existentes. No sistema regido por norma, não deveria haver contribuição de águas pluviais, porém essas adentram o sistema em função de instalações defeituosas e de ligações clandestinas, levando o sistema a funcionar como separador parcial. (TSUTIYA; BUENO, 2005). Ainda, segundo Gehling e Benetti (2005), poucas cidades possuem redes totalmente do tipo separador absoluto.

Para que o sistema de esgoto fique em conformidade com as normas, existem alternativas como, por exemplo, a implantação do sistema separador absoluto em toda a cidade ou, visando uma adequação gradativa, o aproveitamento da rede do tipo unitário. (SAMAE, 2018).

É necessário que os sistemas existentes adaptem-se ao regido pelas normas brasileiras. Portanto, principalmente para municípios com solo predominantemente rochoso, a implantação da rede de esgoto implica um alto custo. Tendo em vista esses fatores e visando que um maior volume de esgoto receba tratamento, percebe-se a importância de buscar alternativas e estratégias para a adequação da rede de esgoto dos municípios que possuem redes do tipo unitário ou separador parcial.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica a seguir visa esclarecer conceitos relacionados aos sistemas de esgotos existentes e às características da rede pluvial.

O primeiro capítulo refere-se ao histórico dos sistemas de esgotos, explicando as condições de desenvolvimento de cada tipo existente, objetivando-se a compreensão dos sistemas presentes nas cidades nos dias de hoje.

Para abordar os diferentes tipos de sistemas de esgoto, são esclarecidos no segundo capítulo conceitos quanto à classificação, vantagens e desvantagens dos sistemas, à caracterização sanitária dos esgotos, aos componentes e à manutenção de um sistema e quanto ao tratamento de esgotos combinados.

No terceiro capítulo são abordados conceitos da rede pluvial, dividindo-se o tópico em micro e macrodrenagem urbana.

Por fim, será abordado o exemplo de Caxias do Sul/RS, referente à implementação de redes do tipo separador absoluto.

### 2.1 BREVE HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE ESGOTO

A fim de que possamos estabelecer um paralelo entre os diversos sistemas de esgotamento de águas, primeiramente se faz necessário conhecer a origem destes. De acordo com Tsutiya e Alem Sobrinho (2011), o primeiro sistema de esgoto foi implantado no ano 6 a.C. em Roma, denominado de Cloaca Máxima. No decorrer do tempo, iniciou-se o uso de privadas, tornando, assim, o sistema um pouco mais higiênico.

Segundo Nuvolari *et al.* (2011), há registros datados de 3750 a.C. que mostram a existência de galerias de esgoto na Índia e na Babilônia. Na Roma Imperial já eram realizadas ligações de responsabilidade de cada morador entre as unidades habitacionais e os canais, com a finalidade de despejar o esgoto sanitário. Já na Europa Medieval, o crescimento desordenado da população e o descuido em relação às excretas, que eram dispostas nas ruas, trouxeram epidemias que levaram um grande número de pessoas à morte.

A partir de 1815, passou-se a despejar esgoto em galerias pluviais em Londres, dando-se início ao que veio a ser denominado o sistema unitário. Esse

difundiou-se à Hamburgo, na Alemanha e em Paris, na França, a partir de 1842 e de 1880, respectivamente. (METCALF; EDDY, 1977 apud NUVOLARI, 2011, p. 18).

Conforme Fernandes (1997), esse sistema tornou-se impraticável por questões econômicas em regiões com índice pluviométrico maior, como, por exemplo, o Brasil. Em função disso, D. Pedro II, imperador brasileiro de 1840 a 1889, realizou a contratação de projetistas ingleses, que idealizaram um sistema em que somente as águas pluviais oriundas das áreas pavimentadas dos lotes eram coletadas e transportadas em conjunto com as águas residuárias domésticas. Concedeu-se, assim, o sistema separador parcial, inaugurado em 1857 no Rio de Janeiro, uma das cidades pioneiras na implantação de rede coletora de esgoto.

A separação total do esgoto sanitário e das vazões pluviais aconteceu a contar de 1879, iniciando-se na cidade de Memphis, nos Estados Unidos da América. (NETTO, 1973 apud NUVOLARI, 2011, p. 19). A concepção do sistema separador absoluto foi dada buscando-se, principalmente, economia, que fora alcançada através da redução do porte e, conseqüentemente, do custo das obras de implantação. (NUVOLARI *et al.*, 2011). Esse sistema, introduzido em São Paulo em 1912, se tornou obrigatório no país no mesmo ano e se difundiu rapidamente. (FERNANDES, 1997).

## 2.2 SISTEMAS DE ESGOTO

O conjunto de elementos que visam a coleta, o tratamento e a disposição final das águas residuárias formam o sistema de esgotos. (FERNANDES, 1997). Logo, conforme Crespo (1997), o mesmo engloba a rede coletora e todos seus componentes, além das estações elevatórias e de tratamento de esgoto.

### 2.2.1 Classificação dos Sistemas de Esgoto

O consumo de água pela população nas atividades diárias gera águas residuárias. (FERNANDES, 1997). A coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final do esgoto sanitário e do lodo resultante são realizados por um conjunto de condutos, obras e órgãos acessórios que constituem os sistemas de esgotos. (CRESPO, 1997).

Segundo Fernandes (1997), este método, juntamente com a coleta e transporte de resíduos sólidos, limpeza urbana e com os sistemas de abastecimento de água e de drenagem pluvial, compõe o Saneamento Básico.

De acordo com Fernandes (1997), quando há um bom funcionamento dos serviços que compõem o Saneamento Básico, há melhora na qualidade de vida da comunidade atendida. Se o sistema de esgotamento sanitário cumprir com seus objetivos, não haverá poluição das áreas a jusante do lançamento final e dos recursos hídricos; a água pode ser reutilizada; diminuir-se-ão as doenças de veiculação hídrica; melhorar-se-ão as condições estéticas do meio e de bem estar da comunidade; aumentar-se-á a produtividade da população, tendo em vista a redução de enfermidades e, pelo mesmo motivo, haverá a redução de gastos dos órgãos públicos com relação à campanhas de imunização, bem como de erradicação de doenças e epidemias.

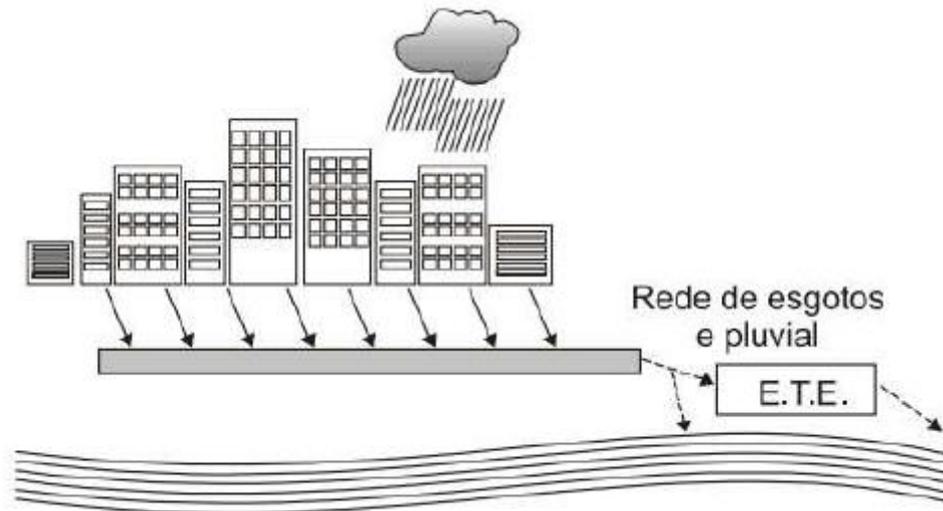
Portanto, como acima exposto, pode-se observar que existem três sistemas de esgotos. Esses podem ser unitários, separadores parciais ou separadores absolutos.

Adiante, serão tratados os sistemas individualizados.

#### 2.2.1.1 Sistema de Esgotamento Unitário

Também chamado de sistema combinado, é aquele pelo qual águas residuárias provenientes do uso doméstico e industrial, águas de infiltração provenientes do subsolo e águas pluviais veiculam, na mesma canalização (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011), de acordo com a figura 1.

Figura 1 – Representação do sistema unitário



Fonte: Tsutiya e Bueno (2004, p. 3).

Apesar da possibilidade de apresentarem problemas e implicarem em custos onerosos em regiões tropicais, onde incidem chuvas de alta intensidade e áreas não pavimentadas, estes são mantidos e continuam em operação, principalmente, nas cidades com infraestrutura sanitária mais antiga. (CRESPO, 1997). Segundo Tsutiya e Bueno (2005), grande parte das cidades na Europa e na América do Norte, bem como o Japão, possuem redes de esgotamento unitário.

Seu uso se torna favorável quando não é possível ter mais do que uma rede passando pela via pública, por essa ser estreita; quando há necessidade, por algum motivo, de tratar as águas pluviais; quando for apropriado lançar nas proximidades a mistura de todas as águas que envolvem o sistema e quando o objetivo for economia em casos de necessidade de tubulações subterrâneas para águas residuárias, de infiltração e pluviais. (STEEL, 1966 apud NUVOLARI, 2011, p. 60).

#### 2.2.1.2 Sistema de Esgotamento Separador Parcial

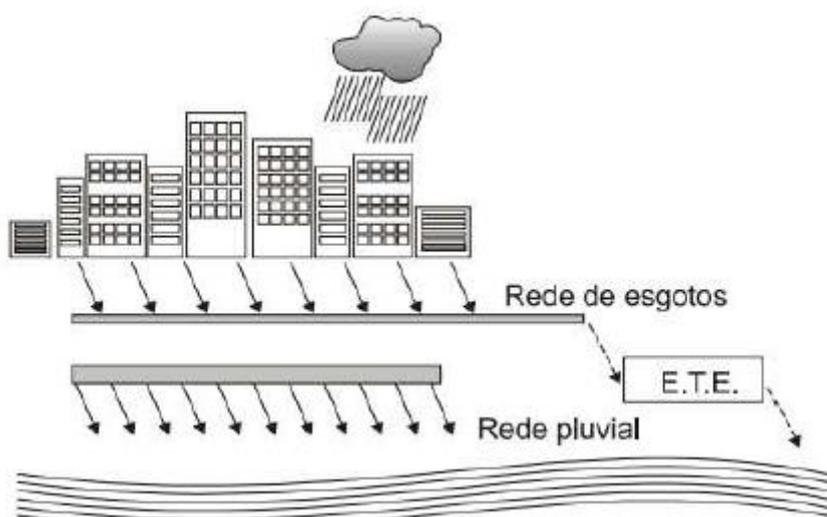
Através do sistema separador parcial, somente as águas pluviais provenientes de áreas pavimentadas interiores aos lotes, como telhados e pátios, veiculam em conjunto com as águas residuárias e de infiltração. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

Portanto, pode-se dizer que é composto de redes de esgoto e galerias de águas pluviais com funcionamento independente: pluvial e de esgoto sanitário. Esse sistema já apresenta menor custo de implantação se comparado com o unitário.

### 2.2.1.3 Sistema Separador Absoluto

O sistema separador absoluto é formado por duas redes de canalização independentes entre si, sendo que por uma veicula apenas as águas pluviais e, por outra, somente esgoto sanitário, constituído pelas águas residuárias e de infiltração (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011), como representado na figura 2.

Figura 2 – Representação do sistema separador absoluto



Fonte: Tsutiya e Bueno (2004, p. 6).

Segundo Fernandes (1997), uma das redes deve coletar e remover somente as águas residuárias domésticas, não levando em consideração as vazões pluviais nos cálculos de dimensionamento dos condutos e, a outra rede, é exclusiva para a coleta e transporte das águas pluviais. Tsutiya e Bueno (2005) afirmam que, para o correto funcionamento do sistema, é imprescindível que haja um controle eficiente, assegurando que as águas pluviais não sejam encaminhadas para o sistema.

Entretanto, de acordo com a NBR 9648, o esgoto sanitário é o “Despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”, sendo que a parcela industrial deve respeitar os padrões de lançamento estabelecidos. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 1986). Essas águas pluviais parasitárias entram no sistema

devido a ligações clandestinas e através de canalizações pluviais prediais e de galerias de água pluvial conectadas à rede. Também ocorre em função de ligações abandonadas e por outras possíveis aberturas. (ABNT, 1986).

Ainda, por mais que a rede seja separadora, é comum que haja conexão de esgoto sanitário na rede pluvial. Tendo-se em vista a falta de punição e como consequência da fiscalização precária de ligações prediais, dada pela ausência de regulamentação e inspeção do coletor predial, deve-se prever contribuições indevidas. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

No Brasil, dentre outros países, é obrigatória a utilização do sistema separador absoluto. (FERNANDES, 1997). Portanto, segundo Gehling e Benetti (2005), raramente uma cidade possui apenas esse sistema. Isso porque ao menos parte dessa costuma depender do sistema unitário.

### **2.2.2 Desvantagens do Sistema de Esgotamento Unitário**

Apesar de ainda utilizado em cidades mais antigas, o sistema de esgotamento unitário apresenta complicações que o levam a ser julgado como inconcebível. Alguns inconvenientes desse sistema seguem definidos nos próximos itens.

#### **2.2.2.1 Quanto ao Investimento**

Como o sistema unitário coleta e transporta também as águas pluviais, se faz necessária a implantação de galerias em todas as vias em que esse for empregado. Pelo mesmo motivo, conta com maiores vazões máximas de projeto e, conseqüentemente, exige maiores dimensões de tubulação e de estruturas especiais. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

Em virtude desses volumes maiores, se percebe a dificuldade da utilização de tubulação pré-fabricada, a qual normalmente apresenta menor custo de aquisição. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

Conforme Fernandes (1997), seu uso não é recomendado em vias públicas sem pavimentação, pois se verificará sedimentação de material sólido no interior do sistema, decorrente dos leitos das vias públicas. Dessa forma, exigirá investimentos em pavimentação ou, então, tornará recorrente a necessidade de manutenções periódicas, o que fará aumentar o seu custo.

### 2.2.2.2 Quanto à Execução

Se comparada à execução dos componentes dos demais sistemas, a referente ao sistema unitário é complexa e extensa, em parte por dificultar o uso de tubulação pré-fabricada. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011). Segundo Fernandes (1997), as maiores dimensões exigidas pelo sistema são outra causa disso, causando maiores inconvenientes à população diretamente afetada.

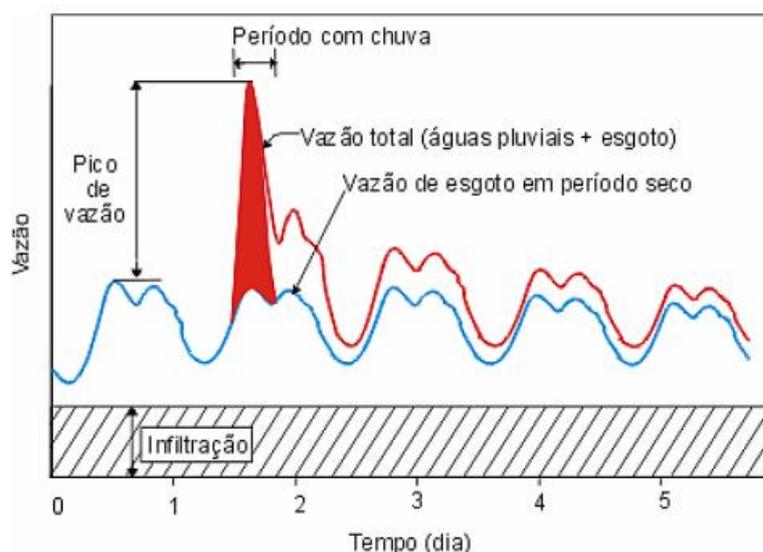
Em razão dos elevados e concentrados investimentos que envolvem esse sistema, a flexibilidade de execução é menor e frequentemente divide-se a implementação, por prioridade, em etapas. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011). Ou seja, os condutos que não são fundamentais ao sistema são executados em um momento futuro, priorizando-se as canalizações e/ou redes mais relevantes. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

### 2.2.2.3 Quanto à Vazão

A ocorrência de um evento chuvoso resulta na coleta das águas de escoamento pluvial para a rede. Isto causa um grande aumento de vazão, com predominância quase integral por parte das águas da chuva.

Segundo Tsutiya e Bueno (2004), em um sistema unitário, a ocorrência de chuva causa aumento de vazão em função da coleta das águas pluviais (figura 3).

Figura 3 – Variação típica de vazão em um sistema unitário



Fonte: Tsutiya e Bueno (2004, p. 3).

Em períodos mais chuvosos e em regiões onde as chuvas são mais intensas, há o risco de transbordamento das águas pluviais que, misturadas com águas residuárias, causam a poluição do corpo receptor. (CRESPO, 1997). Por esse motivo, o controle da poluição da fonte receptora é, na maioria dos casos, inviável. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

Conforme afirma Crespo (1997), em períodos de menor intensidade de chuva e, conseqüentemente, menor presença de águas pluviais, há grande deposição de sólidos no sistema de coleta. Além disso, pode-se provocar as chamadas cargas hidráulicas de impacto, ou seja, volumes maiores chegando à estação de tratamento de forma inesperada. Por sua vez, Fernandes (1997) afirma que a diferença de vazões em diferentes épocas aumenta a frequência de problemas hidráulicos e de necessidade de manutenções. Isso ocorre devido esse sistema ser dimensionado levando em consideração vazões pluviais, resultando em diâmetros maiores.

#### 2.2.2.4 Quanto ao Tratamento

A presença de águas pluviais no sistema faz com que o volume a ser coletado e encaminhado para tratamento seja maior em épocas de grande intensidade de chuvas, onerando as estações de tratamento. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011). Em função disso, Crespo (1997) afirma que não haverá controle da carga hidráulica a ser conduzida até as estações de tratamento de esgotos.

Nas estações, torna-se necessária a execução de sedimentadores maiores em função do volume que não sofrer depuração biológica, ao passo que a fração que passa pelo tratamento secundário apresenta diferentes graus de diluição. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

#### **2.2.3 Vantagens do Sistema Separador Absoluto**

O sistema separador absoluto tornou-se obrigatório em diversos países, entre eles o Brasil. Isso deve-se às vantagens apresentadas por este, definidas nos itens a seguir.

### 2.2.3.1 Quanto ao Investimento

Conforme Fernandes (1997), como as vazões pluviais não são levadas em consideração no dimensionamento do sistema, as canalizações apresentam menor diâmetro e, conseqüentemente, o uso do sistema separador absoluto possibilita a utilização de tubos pré-fabricados – normalmente mais baratos. Além disso, o investimento inicial é menor em função de possibilitar a construção em etapas físicas.

Ainda, se verifica a economia no afastamento das vazões pluviais, tendo em vista que o despejo em curso de água mais próximo é permitido e aproveita-se o escoamento nas sarjetas, não impondo a necessidade de galerias pluviais em todas as ruas. Dessa forma, possibilita a redução das seções e da extensão das mesmas. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

Quanto às vias públicas, não é necessário pavimentá-las, pois não há interferência na qualidade dos esgotos coletados, opondo-se à quando utiliza-se o sistema unitário. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

### 2.2.3.2 Quanto à Execução

Por esse sistema ser composto de duas redes totalmente independentes – pluvial e de esgoto – a construção em etapas e por ordem de importância para a comunidade é viabilizada, sendo que, geralmente, a rede sanitária é a priorizada. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

Segundo Fernandes (1997), ainda em função dos menores diâmetros e possibilidade de utilizar tubulações de fabricação industrial, a execução é facilitada e concluída em um período menor.

### 2.2.3.3 Quanto ao Tratamento

As águas de origem pluvial podem ser lançadas, conforme proximidade, em múltiplos corpos receptores naturais, sem a obrigatoriedade de serem tratadas. O volume encaminhado ao tratamento é mais facilmente previsto, reduzindo as dimensões das estações, tornando sua operação e manutenção facilitadas. (FERNANDES, 1997).

Por esse sistema não provocar cargas hidráulicas de impacto, não há redução do tempo de detenção nas unidades nem alteração das características biológicas das unidades. (CRESPO, 1997).

#### 2.2.3.4 Quanto à Vazão

De acordo com Crespo (1997), com a utilização do sistema separador absoluto, há uma rede para coletar e transportar o esgoto sanitário e, outra, para recolher as águas pluviais, totalmente independentes entre si.

Em função da vazão das águas da rede de esgoto sanitário não depender da intensidade das chuvas, há maior controle da mesma. (CRESPO, 1997).

### 2.2.4 Caracterização Sanitária dos Esgotos

Abaixo, caracterizar-se-á o esgoto no aspecto sanitário em função dos tipos de despejo e de sua composição e classificação, assim como em função das características físicas e químicas do mesmo.

#### 2.2.4.1 Tipos de Despejos

Segundo Fernandes (1997), os despejos líquidos gerados nas mais diversas atividades que envolvem o uso da água, devem ser removidos do ambiente quando não apresentarem mais possibilidade de serem reutilizados. Esses despejos, geralmente expressos em taxa de consumo *per capita*, são oriundos de atividades comerciais e residenciais, de atividades industriais, das águas de infiltração e da contribuição parasitária.

Por possuírem características similares, os dejetos provenientes das áreas comerciais e residências são denominados de águas residuárias domésticas, esgotos domésticos ou, simplesmente, esgotos sanitários. Estas águas provêm de usos para fins higiênicos e de acondicionamento de alimentos, sendo compostas, basicamente, por resíduos orgânicos. (FERNANDES, 1997). Segundo a norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986), acrescenta-se que este despejo é proveniente também do uso da água para necessidades fisiológicas humanas.

Ainda de acordo com a norma, classifica-se o esgoto industrial como o “Despejo Líquido resultante dos processos industriais, respeitando os padrões de lançamento estabelecidos”.

As águas de infiltração no sistema são provenientes de falhas que permitem sua penetração, sobretudo quando o nível do lençol freático encontra-se acima do nível dos tubos. A contribuição parasitária é oriunda da penetração direta através de aberturas e do interior das edificações, de forma acidental ou clandestina. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

#### 2.2.4.2 Composição e Classificação dos Esgotos Sanitários

Conforme Dacach (1990), 99,9% do peso do esgoto sanitário é composto de água, sendo que a parte material representa apenas 0,1% da composição dos esgotos sanitários. Essa parcela contém substâncias dissolvidas ou em suspensão, orgânicas de origem animal e vegetal e inorgânicas. Ao atingir a rede coletora, o esgoto apresenta oxigênio dissolvido, sólidos em suspensão e odor característico.

Ao longo do transporte, essa parcela passa por uma desintegração, levando o esgoto sanitário a adquirir coloração cinza escura e mau cheiro e passando a denominar-se de “esgoto velho”.

É de suma importância que estas águas apresentem capacidade de reaeração, visando o abastecimento das necessidades das bactérias e, conseqüentemente, a preservação da vida aquática. (FERNANDES, 1997).

#### 2.2.4.3 Características Físicas

Em função de a água compor a maior parcela do esgoto, admite-se que as propriedades físicas do mesmo sejam as mesmas da água. (NUVOLARI *et al.*, 2011). Características do esgoto sanitário como cor, turbidez, odor, presença de sólidos e temperatura, sofrem variações no decorrer do tempo em função da desintegração e da decomposição da matéria orgânica.

Sua cor, por exemplo, torna-se mais escura a medida que a quantidade de oxigênio dissolvido diminui, mesma razão da exalação de mau odor. Já sua temperatura é variável em função do clima. (FERNANDES, 1997).

#### 2.2.4.4 Características Químicas

De acordo com Fernandes (1997), proteínas (40-60%), carboidratos (25 a 50%) e lipídios (10%) são os componentes da maior parcela de matéria orgânica biodegradável presente no esgoto sanitário.

Também fazem parte da composição do esgoto o nitrogênio e o fósforo, os quais comprometem a qualidade dos corpos receptores por beneficiarem o desenvolvimento de algas e plantas aquáticas. O nitrogênio pode se apresentar na forma orgânica ou de amônia. O fósforo, presente no esgoto nas formas inorgânica (80%) e orgânica é proveniente da urina e de detergente utilizado para limpeza.

Em virtude do consumo de sal pelos usuários e da presença de cloretos e compostos de cálcio, os esgotos sanitários possuem, geralmente, pH neutro ou ligeiramente alcalino, variando entre 7,0 e 7,5.

#### 2.2.5 Componentes de um Sistema de Esgoto Sanitário

A rede coletora é constituída por componentes e órgãos acessórios diversos. Esses encontram-se explicitados a seguir.

##### 2.2.5.1 Ligação Predial

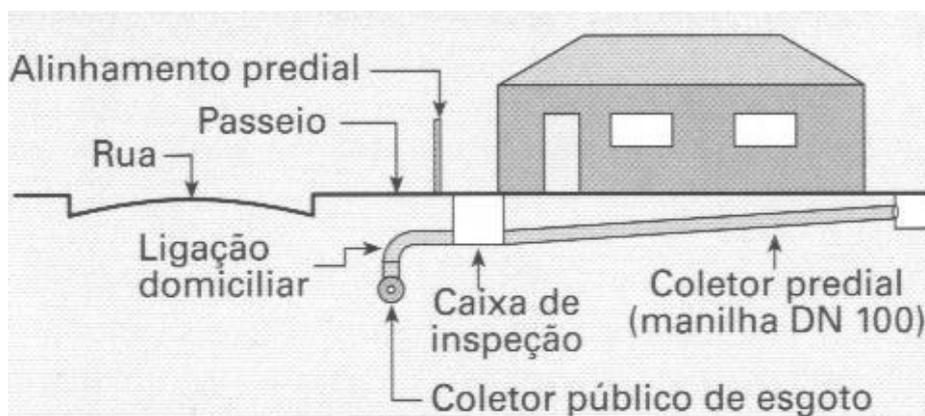
De acordo com Nuvolari *et al.* (2011), é o trecho final do coletor predial que, situado na divisa do lote ou de 10 a 20 cm além dessa, o interliga ao coletor público (figura 4). A responsabilidade de manutenção e reparo do coletor predial e da rede coletora são delimitados por uma caixa de inspeção executada neste trecho. De acordo com Crespo (1997), a caixa de inspeção deve também ser instalada sempre que houver mudança de direção da rede de esgoto.

Para as tubulações das ligações prediais, recomenda-se o diâmetro mínimo de 100 mm. Já a declividade mínima dos ramais prediais depende do diâmetro nominal a ser utilizado: para diâmetro de 100 mm, declividade mínima de 2%; para 150 mm, 0,7% e, para 200 mm, 0,5%.

São previstos os sistemas de ligação ortogonal – de ligações simples ou múltiplas – e radial – de ligações múltiplas. A escolha de qual sistema utilizar

depende de fatores como o terreno, a pavimentação e a profundidade da rede coletora na via pública. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

Figura 4 – Corte esquemático de uma ligação domiciliar ao coletor público de esgoto sanitário



Fonte: Nuvolari et al. (2011, p. 66).

#### 2.2.5.2 Coletor de Esgoto

Tubulação que opera como conduto livre e recebe contribuições em múltiplos pontos ao longo de todo seu comprimento. Segundo Fernandes (1997), este também é denominado de coletor público. O coletor pode ser principal, secundário ou tronco. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

#### 2.2.5.3 Coletor Principal ou Secundário

O coletor de maior extensão dentro de uma mesma bacia é denominado de coletor principal, podendo haver mais de um. (Fernandes, 1997). Conforme Nuvolari *et al.* (2011), os demais coletores são denominados de secundários, sendo que estes são a maioria em uma bacia, apresentando as menores extensões e os menores diâmetros.

#### 2.2.5.4 Coletor-tronco

Aquele que apresenta maior diâmetro e profundidade é denominado coletor-tronco. As contribuições de esgoto recebidas por este são pontuais e oriundas

apenas de outros coletores, sendo que estas são encaminhadas a um interceptor ou emissário. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

Geralmente localizado nos talwegues das bacias hidrográficas, este é executado em concreto armado e, em função disso e de suas grandes profundidades, impossibilita ligações ao longo de seu comprimento. Portanto, recebe contribuições onde são localizados os poços de visita. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

#### 2.2.5.5 Interceptor

De acordo com a NBR 12207 (ABNT, 2016), é a “canalização cuja função precípua é receber e transportar o esgoto sanitário coletado, caracterizada pela defasagem das contribuições, da qual resulta o amortecimento das vazões máximas”.

É a canalização que não recebe contribuições prediais diretas ao longo de seu comprimento, mas recebe a vazão esgotada pelos coletores. (CRESPO, 1997). De acordo com Nuvolari *et al.* (2011), situa-se nas áreas mais baixas da bacia para inibir o lançamento direto de esgoto sanitário, tendo em vista que recebe suas contribuições apenas em pontos determinados e dotados de poços de visita.

#### 2.2.5.6 Emissário

A NBR 9649 (ABNT, 1986) define emissário como a “Tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante”. O mais frequente é que o emissário seja o trecho final de um interceptor (NUVOLARI *et al.*, 2011), conduzindo as vazões reunidas anteriormente ao corpo de água receptor ou à estação de tratamento de esgotos.

O emissário opera mais comumente como conduto livre, podendo operar também à pressão. (CRESPO, 1997).

#### 2.2.5.7 Poço de Visita (PV)

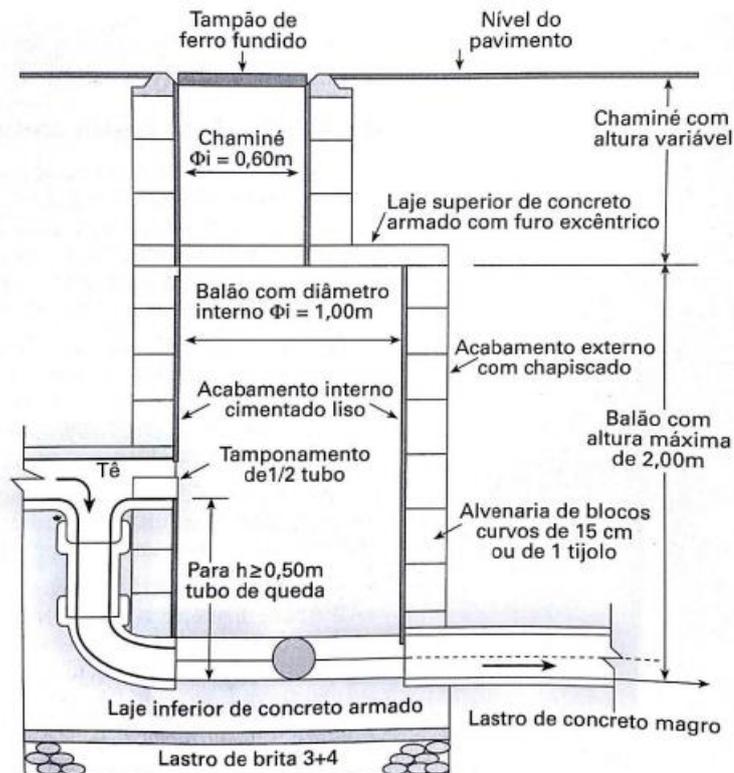
O poço de visita (figura 5) é definido pela NBR 9649 (ABNT, 1986) como uma “Câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção”. Complementando, Crespo (1997) afirma

que este é previsto quando há pontos de singularidades da rede coletora, como no início dos coletores; nas situações de mudança na direção, declividade, diâmetro, material ou seção transversal do coletor; quando houver intercessão de dois ou mais coletores e no ingresso e na saída dos sifões e das travessias.

Assim sendo, deve ser executado em pontos em que podem ocorrer mudanças no fluxo e posterior dificuldade de operação e devem ser distanciados, no máximo, 100 m entre si, para permitir a desobstrução e o alcance de equipamentos de limpeza. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

Quando o diâmetro dos tubos for menor que 400 mm e as profundidades forem menores que três metros, o poço de visita pode ser substituído por terminais de limpeza, terminais de inspeção e limpeza ou caixas de passagem. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

Figura 5 – Corte esquemático de um PV convencional



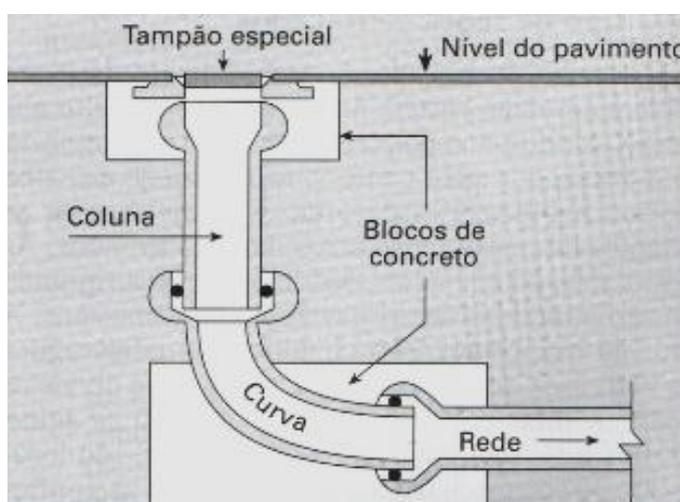
Fonte: Nuvolari *et al.* (2011, p. 66).

### 2.2.5.8 Terminal de Limpeza (TL), Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL) e Inspeção Tubular (IT)

Com o objetivo de reduzir os custos de implantação da rede coletora, os poços de visita podem ser substituídos em determinados casos.

Definido como “Dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor” pela NBR 9649 (ABNT, 1986), o terminal de limpeza (TL), conforme figura 6, é um dispositivo não visitável.

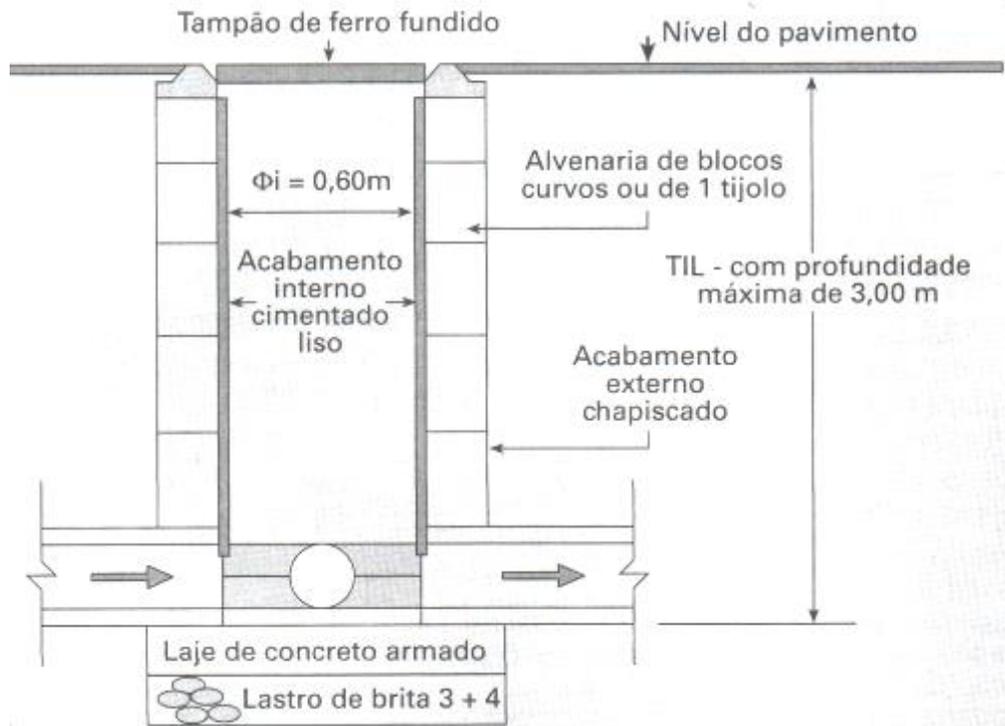
Figura 6 – Corte esquemático de um TL convencional



Fonte: Nuvolari *et al.* (2011, p. 67).

O terminal ou tubo de inspeção e limpeza é, de acordo com a NBR 9649 (ABNT, 1986), o “Dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza”, vide figura 7.

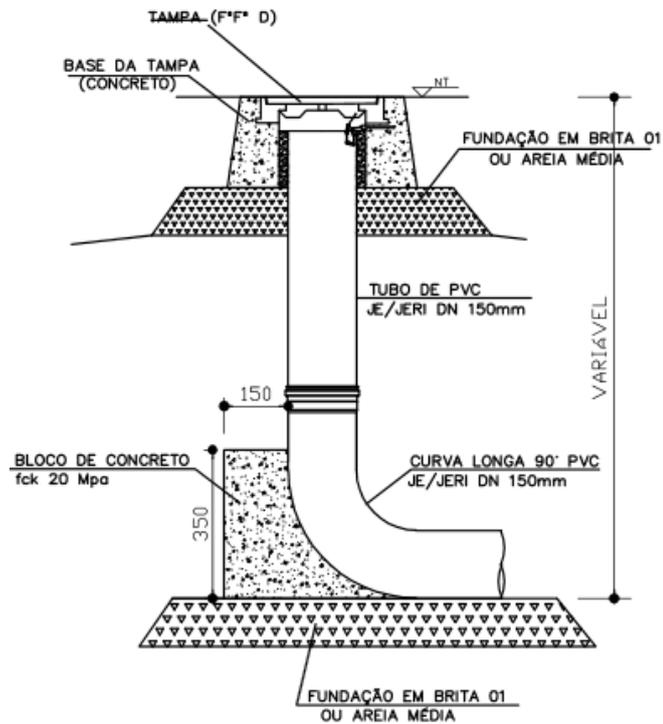
Figura 7 – Corte esquemático de um TIL convencional



Fonte: Nuvolari et al. (2011, p. 68).

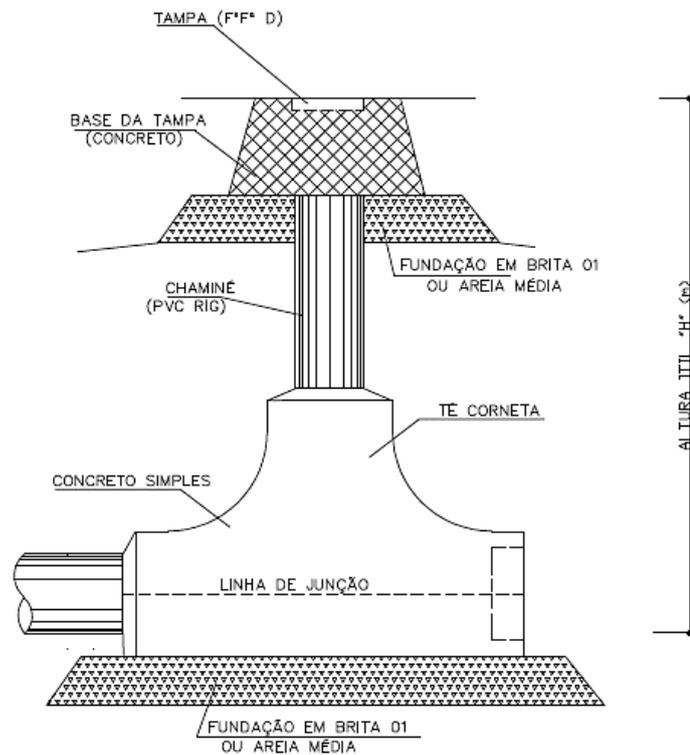
De acordo com o Caderno de Encargos da Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan) (2016), pode-se, ainda, utilizar inspeção tubular (IT) nas cabeceiras dos coletores ou em outros pontos do mesmo, conforme figuras 8 e 9.

Figura 8 - Vista lateral do poço não visitável tipo inspeção tubular para cabeceiras



Fonte: Corsan (2016).

Figura 9 – Perfil de um poço não visitável tipo inspeção tubular



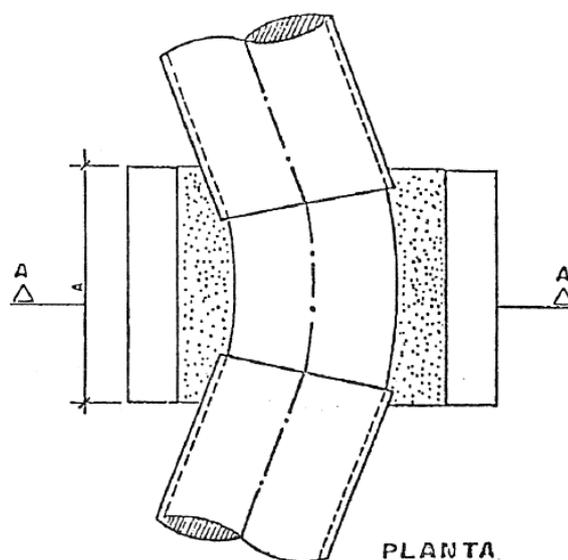
Fonte: Corsan (2016).

### 2.2.5.9 Caixa de Passagem (CP)

É caracterizada pela NBR 9649 (ABNT, 1986) como uma “Câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva”. Esta é subterrânea e possibilita a passagem de equipamento para limpeza do trecho a jusante.

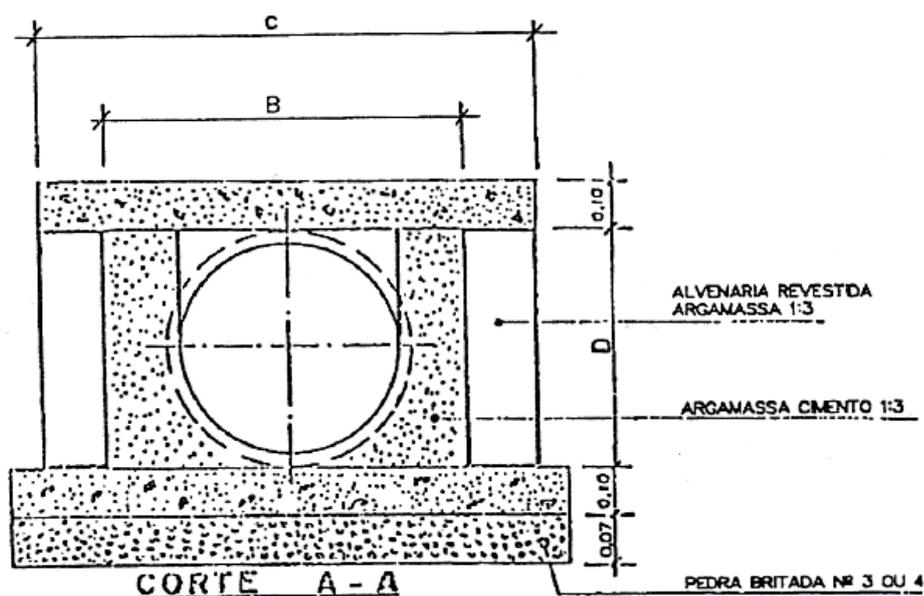
Sua dificuldade de localização, apesar da obrigatoriedade do seu cadastro, é uma das causas para a caixa de passagem estar atualmente entrando em desuso. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011). As figuras 10 e 11 são referentes à planta e ao corte esquemáticos de uma caixa de passagem convencional.

Figura 10 – Planta esquemática de uma CP convencional



Fonte: Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 111).

Figura 11 – Corte esquemática de uma CP convencional



Fonte: Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 111).

#### 2.2.5.10 Sifão Invertido

Os coletores de esgoto são projetados para que operem com escoamento livre e são instalados em linha reta. Quando a forma retilínea é impossibilitada pela necessidade de desviar de obstáculos como, por exemplo, canais e galerias subterrâneas, utiliza-se uma canalização rebaixada sob pressão, denominada de sifão invertido. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

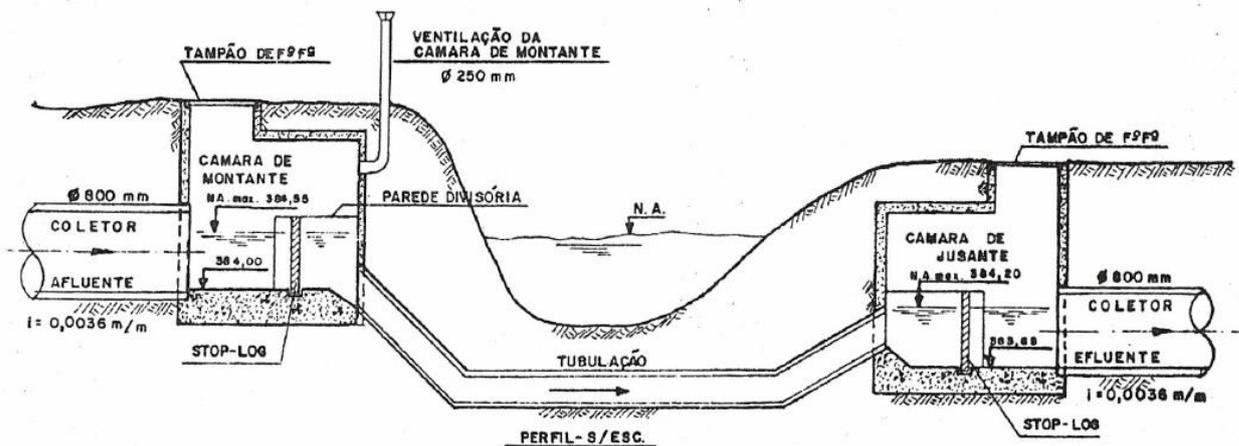
Ao longo dessa canalização, o escoamento é forçado. Conforme figura 12, esta é constituída por uma câmara visitável na entrada e outra na saída, com a função de encaminhar o fluxo para o sifão e para a canalização a jusante, respectivamente. Entre essas câmaras, o escoamento se dá por gravidade em conduto forçado. (FERNANDES, 1997).

De acordo com Nuvolari *et al.* (2011), visando impedir a necessidade de intervir com frequência para realizar desobstruções, deve-se garantir que haja autolimpeza diária dos tubos rebaixados. Para tanto, é preciso adotar uma velocidade que propicie condições hidráulicas suficientes para que as partículas comuns no esgoto sanitário sejam arrastadas, observando valor máximo de 1,5 m/s.

Os diâmetros e quantidades dos tubos devem ser determinados através das vazões afluentes e sua variação crescente ao longo do tempo. Segundo Fernandes

(1997), recomenda-se que o diâmetro mínimo da canalização rebaixada seja igual ao mínimo do coletor de esgoto. Ainda, duas tubulações é a quantidade mínima para possibilitar reparos ou desobstruções sem prejudicar seu funcionamento.

Figura 12 – Sifão invertido entre câmaras visitáveis



Fonte: Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 220).

#### 2.2.5.11 Corpo Receptor

De acordo com a NBR 9648 (ABNT, 1986), um corpo receptor é “Qualquer coleção de água natural ou solo que recebe o lançamento de esgoto em seu estágio final”.

Quando o lançamento do esgoto sanitário ocorrer em um corpo d’água, deve-se caracterizá-lo de acordo com as vazões características, cota de inundação, condições sanitárias e usos atuais e futuros de montante e jusante. Para que as características naturais desse não sejam afetadas, é de suma importância conhecer sua capacidade assimiladora, avaliando se as cargas remanescentes do futuro tratamento de esgoto condizem com o suportado pelo corpo d’água. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

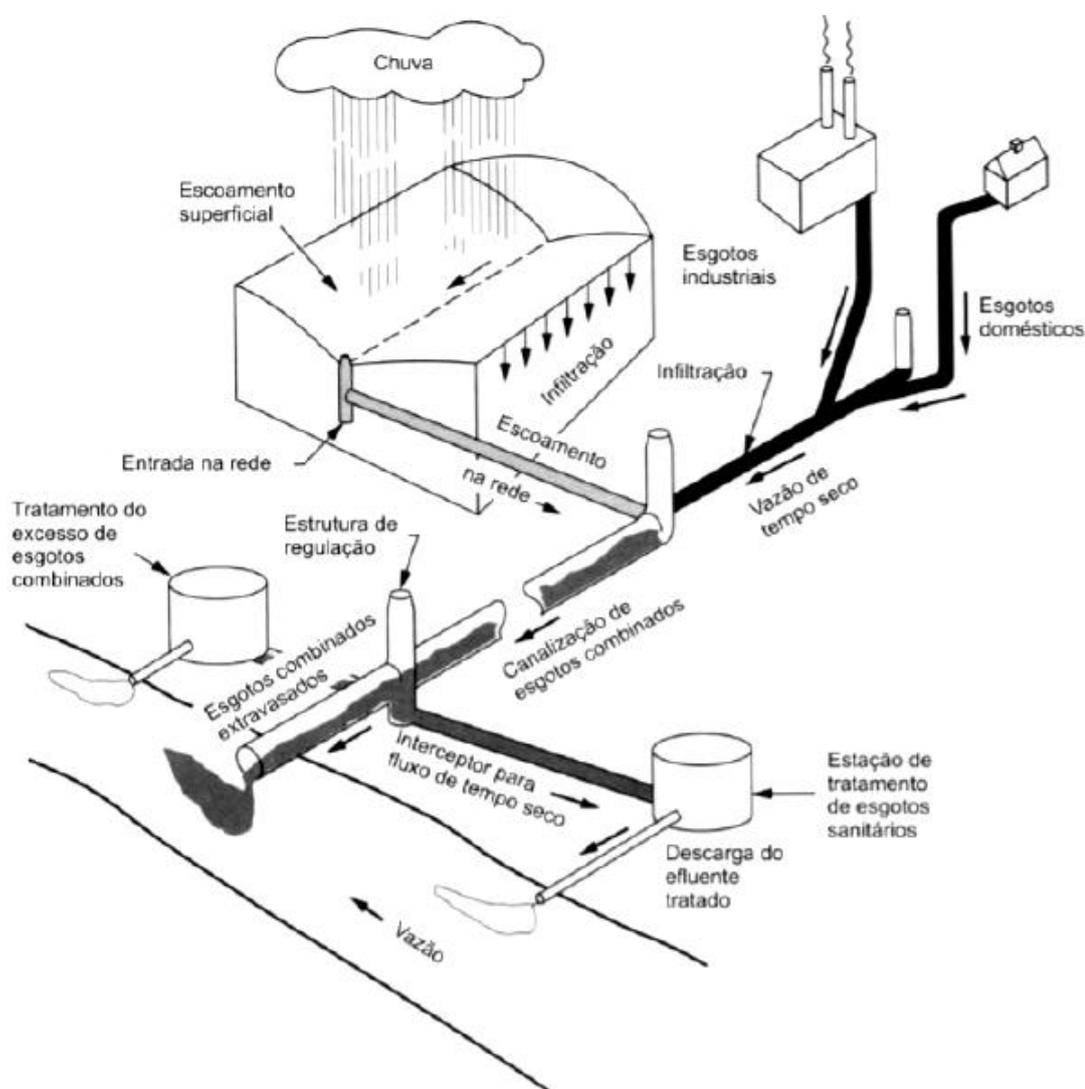
Conforme Fernandes (1997), além do cuidado com as águas receptoras, deve-se também atentar à capacidade de absorção da carga orgânica referente às descargas subterrâneas e em áreas desérticas.

Ainda segundo Fernandes (1997), o transporte das vazões reunidas é convencionalmente realizado pelo emissário até que se chegue à estação de tratamento ou, então, ao ponto de lançamento.

### 2.2.5.12 Estruturas de Regulação e Desvio

Quando o sistema de esgotos utilizado no município é o unitário, necessita-se de uma estrutura de regulação e desvio do excesso de águas pluviais para que a rede coletora apresente um bom desempenho. Como ilustrado pela figura 13, essa estrutura é responsável por desviar o escoamento que entra no interceptor a partir de uma vazão pré-determinada. (GEHLING; BENETTI, 2005).

Figura 13 – Componentes do sistema de esgotos combinados



Fonte: Gehling e Benetti (2005, p. 4).

Conforme Gehling e Benetti (2005), vertedor lateral, vertedor transversal, vertedor ajustável, regulador de saída elevado e sifão de alívio são exemplos de estruturas de regulação e desvio. Esse excesso desviado pela estrutura é conduzido diretamente a um curso d'água, ou então a estruturas de manejo.

Ainda, pode-se utilizar as chamadas Caixas Limitadoras de Vazão (CLV) que possuem como função interligar a rede unitária ao sistema separador absoluto e desviar à rede pluvial picos de vazão acima do valor suportável pela rede. (SAMAE, 2016).

#### 2.2.5.13 Estação Elevatória

De acordo com Tsutiya e Alem Sobrinho (2011), em situações em que o escoamento do esgoto por meio da ação da gravidade não é viável técnica ou economicamente, há elevação das vazões através de estações elevatórias de esgoto (EEE). A NBR 12208 (ABNT, 1992) estabelece as exigências para a concepção do projeto hidráulico sanitário das estações, com emprego de bombas centrífugas. Segundo Nuvolari *et al.* (2011), essas bombas são as mais comumente utilizadas, o que se dá, sobretudo, por sua instalação simplificada, podendo até mesmo ser instalada em poços de visita. Deve-se atentar às regulamentações específicas das entidades responsáveis pelo sistema de esgoto sanitário.

Localizadas geralmente nos pontos mais baixos de uma bacia, as EEE possuem características que dependem das vazões a elevar, dos modelos dos equipamentos instalados e do método construtivo. (FERNANDES, 1997).

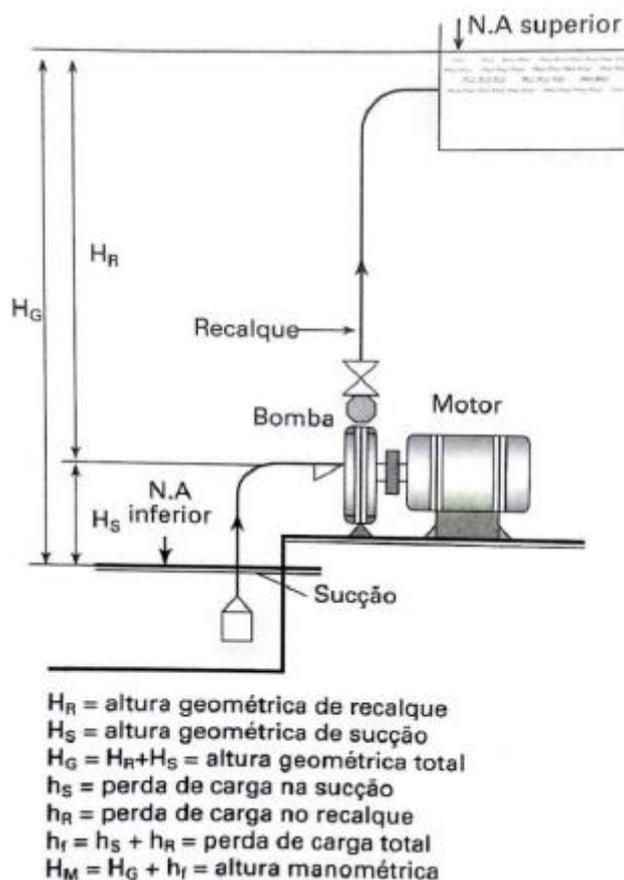
Ainda segundo Fernandes (1997), quando moldadas *in loco*, as elevatórias convencionais possuem estrutura em concreto armado e em alvenaria, nas construções subterrâneas e nas externas, respectivamente. Para reter material grosseiro (de diâmetro maior que 2,5 cm), há uma câmara de recepção denominada poço úmido, de detenção ou de coleta. Denomina-se poço seco ou câmara de trabalho o local onde se encontram, entre outros, os equipamentos de impulsão, geradores, válvulas de controle e antigolpe e conexões de continuidade do recalque.

Outrossim, deve apresentar dimensões adequadas para permitir fácil locomoção, manutenção, montagem e desmontagem, além da entrada e saída de equipamentos. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011). Na figura 14 encontra-se um desenho esquemático de um conjunto elevatório.

Por ser uma solução que onera os custos do sistema e representar uma descontinuidade no fluxo de esgoto em conduto livre, deve-se realizar um estudo comparativo com outras opções, seja de traçado ou de posição relativa dos

condutos, seja com outras soluções tecnicamente possíveis. (NUVOLARI *et al.*, 2011).

Figura 14 – Desenho esquemático de um conjunto elevatório



Fonte: Nuvolari et al. (2011, p. 95).

#### 2.2.5.14 Estação de Tratamento

De acordo com a NBR 12209 (ABNT, 2011), estação de tratamento de esgoto sanitário (ETE) é o “Conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades, cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento”.

Tendo em vista o lançamento dos despejos ao corpo receptor após a remoção dos principais poluentes, realiza-se o tratamento dos mesmos. (SPERLING, 1996, v. 1). Conforme Nuvolari *et al.* (2011), a deterioração da qualidade da água pode ser uma consequência do lançamento de esgoto não

tratado em um recurso hídrico. A análise das condições locais determina o nível de tratamento necessário.

Segundo Tsutiya e Bueno (2004), quando se trata do sistema unitário, durante chuvas intensas o pico de vazão de esgoto pode ser centenas de vezes maior do que aquela em períodos secos. Nas ETEs, essa variação representa um problema para a eficácia do tratamento, fazendo-se necessária a construção de sedimentadores para a parcela da vazão que não sofrer depuração biológica. Já a parcela que for submetida ao tratamento secundário possui diferentes graus de diluição.

Quando o sistema utilizado é o unitário, geralmente a vazão afluyente às ETEs é limitada entre 2 a 10 vezes a vazão de período seco, em função do custo elevado dos tanques de equalização das águas pluviais e para evitar que as estações recebam uma vazão maior que sua capacidade. No quadro 1 observa-se os limites utilizados por determinados países que utilizam o sistema unitário. Como consequência, faz-se necessário extravasar a vazão excedente a corpos d'água, conforme figura 15. (TSUTIYA; BUENO, 2004).

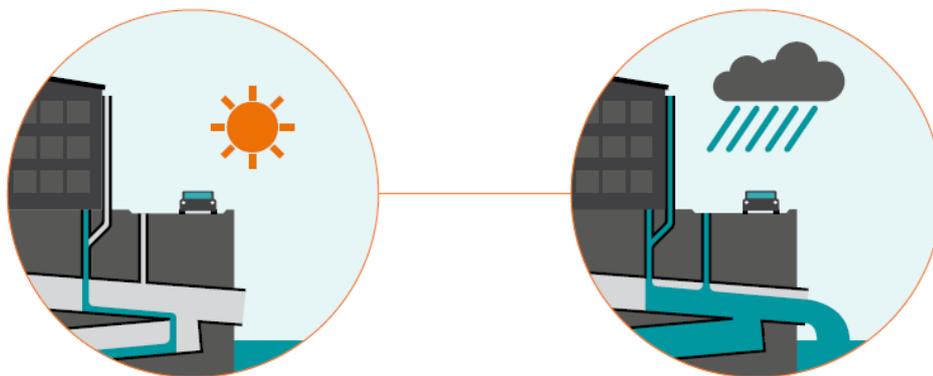
Quadro 1 – Vazões máximas afluentes às ETEs durante períodos de chuva

<b>País</b>	<b>Vazões máximas</b>
Bélgica	2-5 x QMPS
Dinamarca	8-10 x QMPS
França	4-6 QMPS
Alemanha	7 x QMPS
Grécia	3-6 x QMPS
Irlanda	6 x QMPS
Itália	3-5 x QMPS
Portugal	6 x QMPS
Espanha	3-5 x QMPS
Inglaterra	6 x QMPS

\*QMPS = Vazão Máxima de Período Seco.

Fonte: Tsutiya e Bueno (2004, p. 6).

Figura 15 – Vazão excedente do sistema unitário extravasada a corpos d'água



Fonte: Xylem (2018, p. 12).

### 2.2.6 Tratamento de Esgotos Combinados

Gehling e Benetti (2005) apontam que não realizar tratamento do esgoto de redes combinadas é uma situação indesejada por causar poluição nos cursos d'água.

Normalmente, quando existe tratamento de esgotos combinados, armazenase temporariamente uma parcela da vazão de excesso da chuva em uma bacia. Segundo Gehling e Benetti (2005), para tal finalidade, é necessário projetar estruturas de desvio do excesso de águas pluviais em todas as junções entre interceptores e galerias.

Ao fim do escoamento superficial, esse volume armazenado é encaminhado à ETE, possibilitando o tratamento da parcela mais contaminada de esgoto, chamada de “primeira lavagem”, ou *first flush*. *First flush* é um fenômeno que consiste na lavagem das superfícies urbanas e do interior dos condutos devido ao escoamento das águas de chuvas, resultando no transporte de material depositado. Quando o tratamento engloba essa parcela, seus processos envolvem a remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis, matéria orgânica e microrganismos. (GEHLING; BENETTI, 2005).

Ainda segundo os mesmos, os tratamentos físico, biológico e químico são opções para tratar o esgoto combinado parcial ou totalmente.

### **2.2.7 Manutenção de Sistemas Coletores**

Caracteriza-se por manutenção todas as medidas necessárias para que o sistema permaneça em funcionamento, bem como as medidas para a conservação do mesmo. (FERNANDES, 1997).

A manutenção pode ser preventiva – antecipando-se às interrupções e ao desgaste limite –, corretiva – visando a adaptação do sistema a novas solicitações ou corrigir defeitos construtivos – ou emergencial – para realizar reparos em função de acidentes inesperados.

A prevenção de obstruções e a remoção das mesmas, a limpeza dos coletores e a reparação e conservação das instalações de recalque e demais órgãos acessórios do sistema são os principais objetivos de sua manutenção. (FERNANDES, 1997). Diante disso, Crespo (1997) afirma que, ao realizar projetos e obras referentes aos esgotos domésticos, deve-se garantir que toda estrutura destinada a conduzi-los facilite a limpeza das faces internas de suas paredes.

## **2.3 REDE PLUVIAL**

Tendo em vista que o sistema separador absoluto consiste em duas redes independentes – uma para as águas residuárias e de infiltração e outra para as águas pluviais –, necessita-se de um sistema de drenagem para coletar e transportar as águas pluviais. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2011).

### **2.3.1 Microdrenagem Urbana**

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), caracteriza-se por microdrenagem o “sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primária urbana”.

Esses condutos são os responsáveis por recolher e transportar as águas pluviais no decorrer da chuva e após a mesma. (MIGUEZ; REZENDE; VERÓL, 2015). Os elementos básicos do sistema de microdrenagem são apresentados nos itens a seguir.

### 2.3.1.1 Sarjeta

De acordo com Miguez, Rezende e Veról (2015), a sarjeta, juntamente com o meio-fio, compõe o primeiro elemento da microdrenagem. Consiste em uma faixa de via pública paralela ao meio-fio, formando uma calha.

Essa calha atua como receptora das águas pluviais que incidem sobre a via pública, bem como sobre lotes sem comunicação com a rede através de ramais prediais. (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

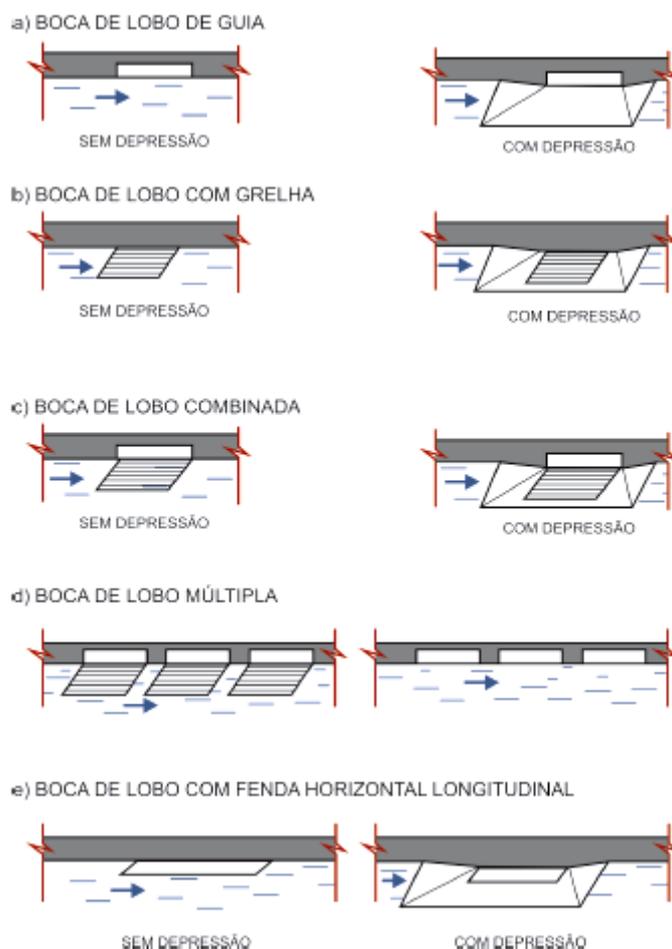
Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), há ainda os chamados sarjetões. Esses diferenciam-se por serem localizados nos cruzamentos de vias públicas e serem formados pela pavimentação das mesmas. São utilizados com o objetivo de orientar a vazão escoada pelas sarjetas.

### 2.3.1.2 Boca de Lobo

Impedindo que as águas das sarjetas invadam o leito carroçável das vias públicas e conectando os escoamentos superficiais e de redes subterrâneas, as bocas de lobo localizam-se em pontos da sarjeta em que a coleta de água seja conveniente. (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Segundo o Manual de drenagem e manejo de águas pluviais elaborado pela Prefeitura de São Paulo (2012), as bocas de lobos são classificadas em simples, com grelha, combinada ou múltipla. Ainda, podem ou não possuir depressão, se localizar no meio da sarjeta ou nos pontos baixos das mesmas. Os principais tipos de boca de lobo encontram-se na figura 16.

Figura 16 – Tipos de boca de lobo

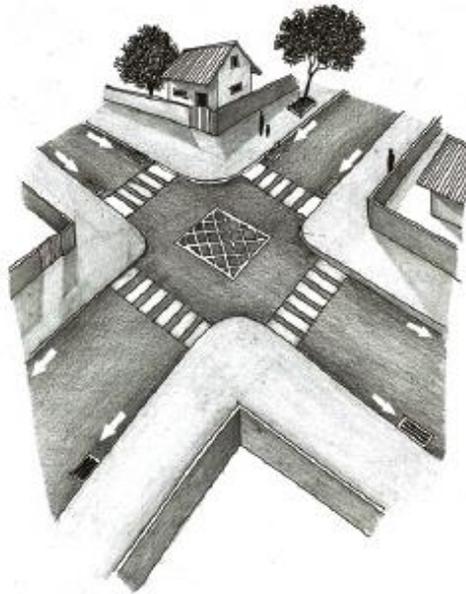


Fonte: São Paulo (2012).

Quanto à localização dos dispositivos em questão, Tucci, Porto e Barros (1995) indicam as seguintes recomendações:

- a) Alocar as bocas de lobo nos dois lados da rua quando assim exigido pela saturação das sarjetas ou quando sua capacidade de engolimento for ultrapassada;
- b) Devem se localizar nos pontos baixos das quadras;
- c) Caso a capacidade de escoamento das sarjetas não seja analisada, recomenda-se adotar um espaçamento máximo de 60 m entre cada dispositivo em questão;
- d) Instalar bocas de lobo a montante das faixas de pedestres, nas esquinas (figura 17);
- e) Não é adequado localizar esses dispositivos junto ao vértice do ângulo de interseção das sarjetas e de duas ruas convergentes.

Figura 17 – Localização das bocas de lobo em cruzamentos de vias



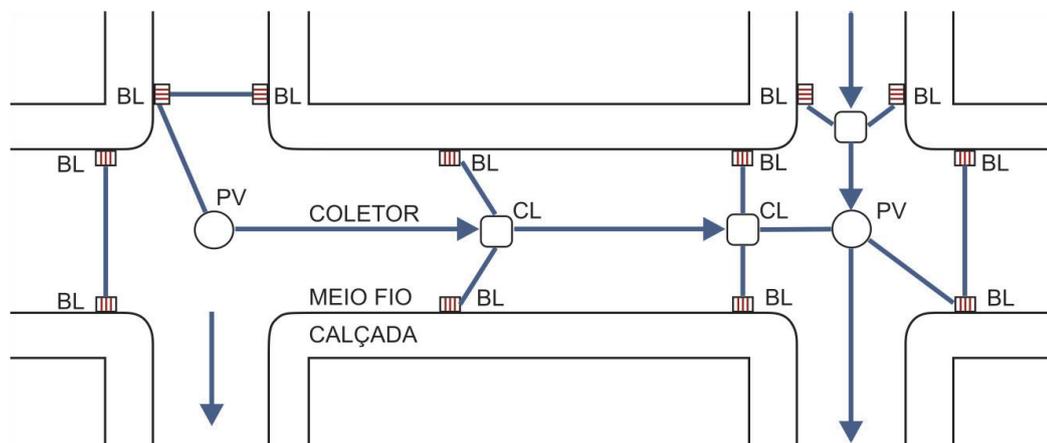
Fonte: Miguez, Rezende e Veról (2015).

### 2.3.1.3 Tubo de Ligação e Caixa de Ligação

Tubos de ligação, conforme Tucci, Porto e Barros (1995), são as canalizações que possuem a função de encaminhar as águas captadas pelas bocas de lobo para as galerias ou poços de visita.

Para evitar que haja a chegada de mais de quatro tubulações no mesmo poço de visita ou quando há a necessidade de locar bocas de lobo intermediárias, utiliza-se caixas de ligação (figura 18). Esse dispositivo diferencia-se dos poços de visita apenas pelo fato de não ser visitável. (FENDRICH *et al.*, 1997).

Figura 18 – Localização da caixa de ligação



Fonte: São Paulo (2012).

### 2.3.1.4 Galerias

Define-se por galeria as canalizações públicas com a função de conduzir as águas pluviais captadas pelas bocas de lobo e ligações privadas. Seu diâmetro mínimo é de 0,30 m, sendo que os diâmetros comerciais são 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 e 1,50 m. (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

Ainda segundo Tucci, Porto e Barros (1997), para as galerias circulares há critérios básicos de projeto a serem seguidos, como, por exemplo, as velocidades máxima admissível e mínima de 5,0 m/s e 0,60 m/s, respectivamente; alinhamento dos tubos pela geratriz superior quando houver mudança de diâmetro e recobrimento mínimo da rede de 1,00 m quando as tubulações empregadas não apresentarem estrutura especial.

Geralmente, as galerias apresentam seção circular e diâmetros entre 0,30 m e 1,50 m. O uso de seção retangular justifica-se pela necessidade de maiores áreas hidráulicas. (MIGUEZ; REZENDE; VERÓL, 2015).

### 2.3.1.5 Poço de Visita

A principal função do poço de visita (PV) é o acesso, para limpeza e inspeção, às canalizações. Sugere-se seu posicionamento nos pontos onde houver mudança de direção, reunião de ruas, mudança de declividade e mudança de diâmetro. (FENDRICH *et al.*, 1997).

Segundo Tucci, Porto e Barros (1995), esse denomina-se poço de queda quando a diferença de nível entre o tubo afluente e o efluente for maior que 0,70 m. O afastamento entre os PV não deve ultrapassar os 100 m, devendo atender aos valores máximos admissíveis, conforme tabela 1.

Tabela 1 – Espaçamento dos poços de visita em metros

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	50
0,50 - 0,90	80
1,00 ou mais	100

Fonte: São Paulo (2012).

De acordo com Miguez, Rezende e Veról (2015), a abertura do PV, denominada chaminé, deve ter diâmetro mínimo de 0,60 m, viabilizando a entrada de um operador.

### **2.3.2 Macrodrenagem**

Tendo em vista o escoamento final das águas pluviais captadas pela microdrenagem, a macrodrenagem, conforme o Manual de Drenagem Urbana de Porto Alegre (2005), contempla bacias com área superior a 2 km<sup>2</sup>, ou seja, 200 ha.

Suas obras visam aperfeiçoar as condições de escoamento da rede. Dessa forma, objetiva-se abrandar os efeitos de erosões, assoreamento e inundações do fundo de vales, denominados talwegues. (FENDRICH *et al.*, 1997).

De acordo com o Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais elaborado pela Prefeitura de São Paulo (2012), o sistema de macrodrenagem é composto por canais naturais ou construídos, reservatórios de detenção, reservatórios de retenção e de galerias de maiores dimensões.

Originalmente formada pelos rios e córregos da bacia, a rede de macrodrenagem passou por mudanças com o processo de urbanização. Isso porque deve haver uma adaptação da rede de drenagem após a impermeabilização de parte da bacia, bem como a redução de áreas alagadiças. Para tanto, retifica-se os rios e aumenta-se a capacidade de descarga. (MIGUEZ; REZENDE; VERÓL, 2015).

## **2.4 EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DE REDES DO TIPO SEPARADOR ABSOLUTO - CAXIAS DO SUL/RS**

Em 1996 havia somente 4 km de esgoto de rede do tipo separador absoluto, localizadas no centro da cidade e guiando o efluente ao corpo receptor sem tratamento. Nos três anos subsequentes, 40 km dessa rede foram implantados, bem como as primeiras ETEs do município.

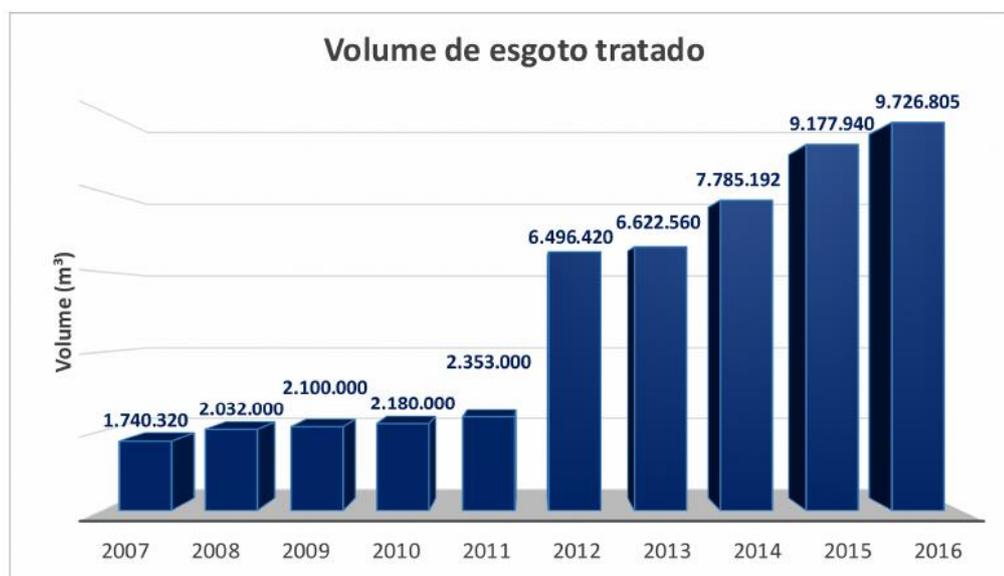
Em 2002, aprovou-se em Caxias do Sul/RS o Plano Diretor de Esgotamento Sanitário (PDES), posteriormente transformado na Lei Complementar 189/2002 (CAXIAS DO SUL, 2002) com o objetivo de ampliar a rede do tipo separador absoluto na cidade. Desde então, há maior incentivo a obras referentes ao esgoto sanitário, obras as quais envolvem a coleta, afastamento e tratamento do efluente

gerado, buscando melhorias para o meio ambiente e para a qualidade de vida da população.

A implementação do sistema separador absoluto de forma gradativa, através do aproveitamento do sistema unitário existente (implantado em 85% da área da cidade) e da destinação da vazão excedente de chuvas intensas para o sistema de macrodrenagem e suas estruturas de atenuação, foi a solução adotada através do Diagnóstico do Sistema de Esgoto Sanitário de Caxias do Sul. (SAMAE, 2018).

Segundo o SAMAE (2018), adotou-se essa solução em função dessa representar uma redução de 50% do valor investido em comparação com a implantação do sistema separador absoluto em toda a cidade, onerado pelas características do solo da região – rocha basáltica. Durante o processo, estão sendo construídas novas ETEs, constatando-se um acréscimo nos volumes de esgoto tratados anualmente (gráfico 1).

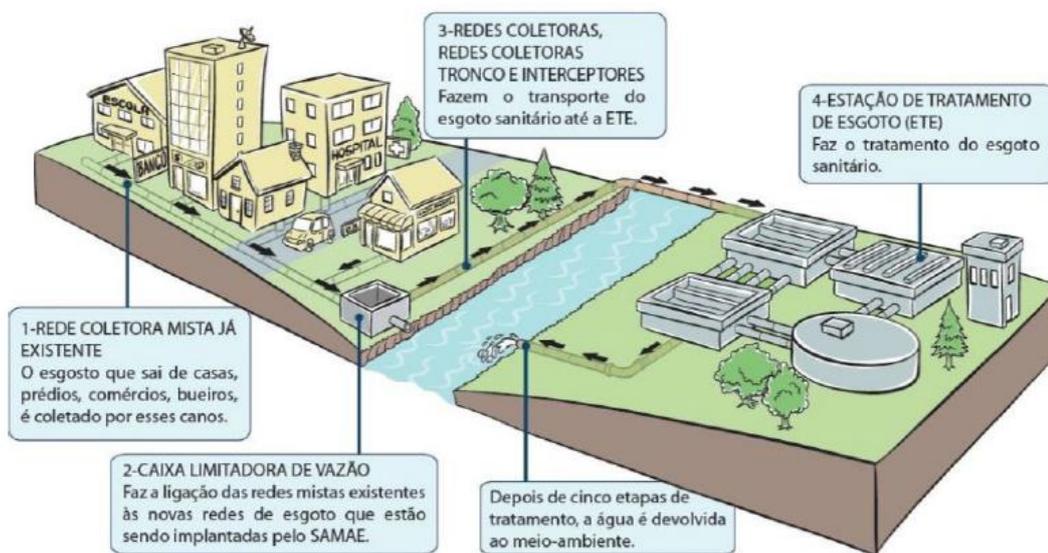
Gráfico 1 – Evolução anual do tratamento de esgoto em Caxias do Sul



Fonte: SAMAE (2018).

A implementação gradativa é dada utilizando-se redes tronco e interceptores do tipo separador absoluto, que encaminham o esgoto para ETEs; implantando o sistema separador absoluto obrigatoriamente em novos empreendimentos e realizando obras de extensão de redes com o tipo de sistema em questão. São utilizadas caixas limitadoras de vazão (CLV) para realizar a ligação entre a rede existente e a nova rede implantada. Atualmente, a rede de esgoto da cidade é classificada como do tipo parcialmente unitário (figura 19).

Figura 19 – Esquema da rede de esgoto de Caxias do Sul



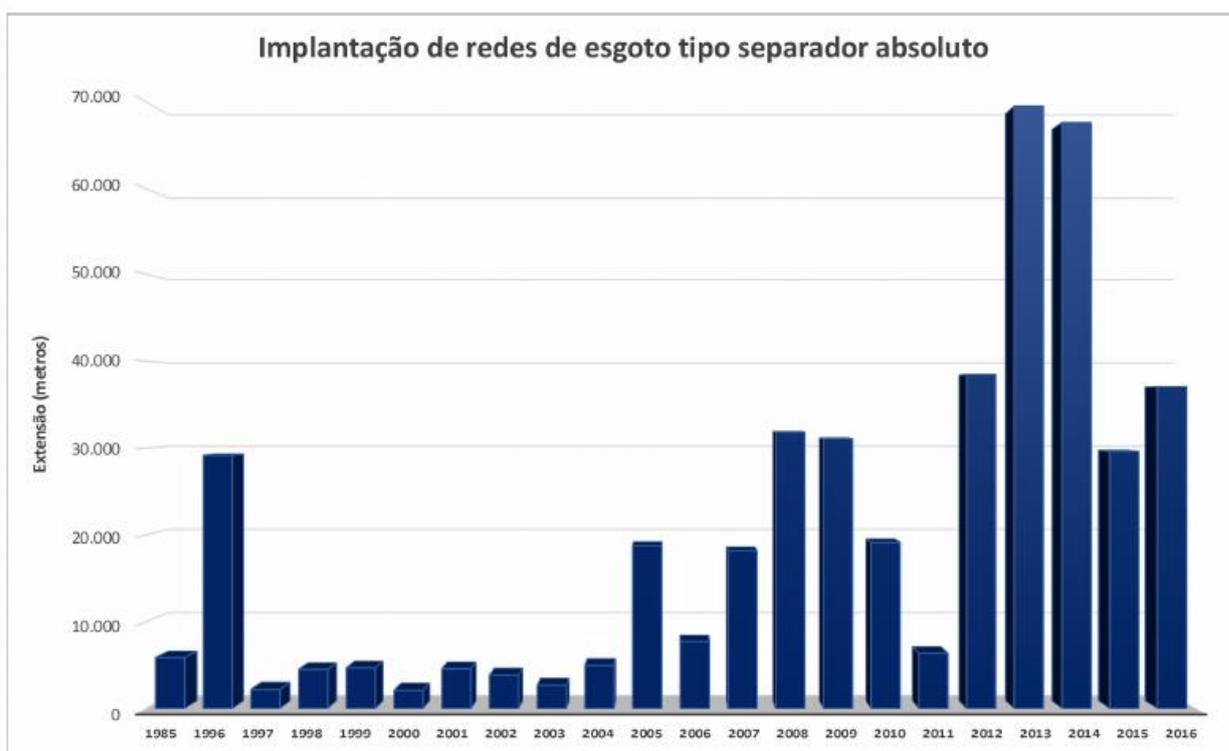
Fonte: SAMAE (2018).

A fim de implantar o sistema separador absoluto de forma gradual, dividiu-se o perímetro urbano de Caxias do Sul em 41 bacias de esgotamento sanitário. Em 2017, realizou-se um levantamento e cadastro das áreas com rede do tipo separador absoluto utilizando o software ArcGIS. A implantação vem sendo dada priorizando aquelas com maior densidade populacional em um horizonte de projeto de 40 anos. Dessa forma, é previsto que, em 2040, 85% da população caxiense tenha seu esgoto tratado.

A fim de viabilizar o previsto no PDES, a Lei 6925/2008 (CAXIAS DO SUL, 2008) institui as tarifas de água e de esgoto. Essa prevê a cobrança, realizada pelo SAMAE, de um valor por metro cúbico de esgoto correspondente a 80% do valor da tarifa mínima de água. Esse valor é cobrado apenas das economias que recebem os serviços de coleta e afastamento de esgoto, sendo que os imóveis ocupados pelos Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário do Município são isentos do pagamento.

Até 2016, 439.735,85 metros de extensão de redes do tipo separador absoluto foram implantados. No gráfico 2 evidencia-se a evolução nas obras de implementação. (SAMAE, 2018).

Gráfico 2 – Valores acumulados anualmente nas obras de implantação de redes executadas pelo SAMAE e redes de loteamentos executadas pelas urbanizadoras



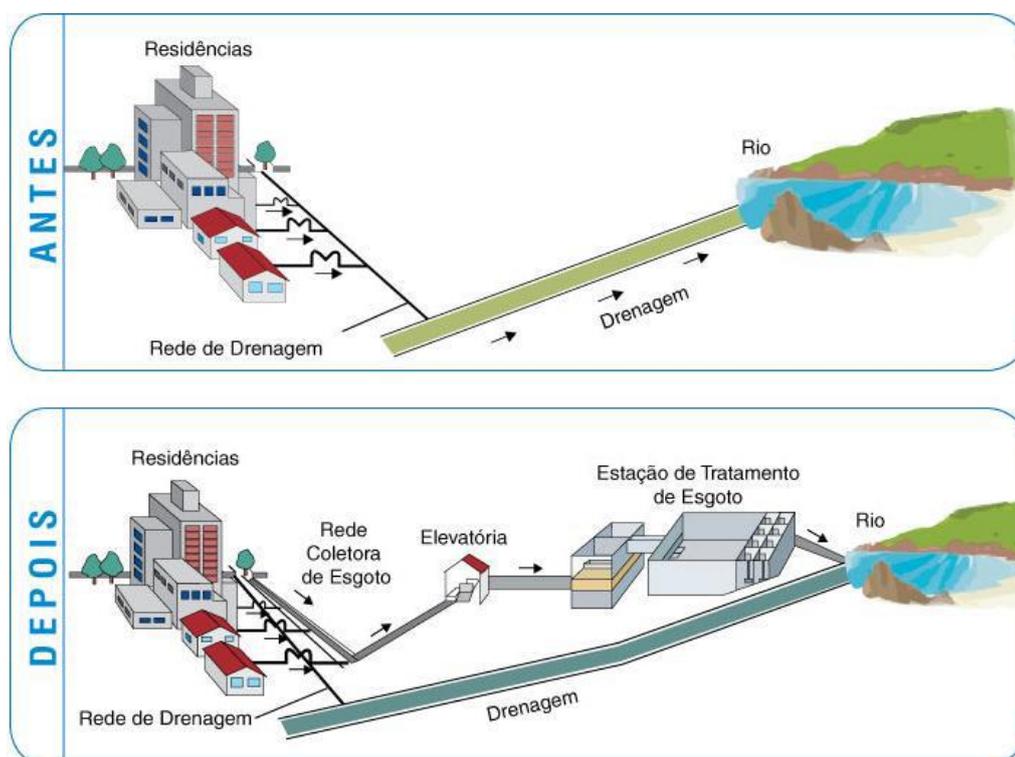
Fonte: SAMAE (2018).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (2015), até o ano de 2015, 91,08% do esgoto gerado era coletado e 37,05% do mesmo era tratado.

Em uma segunda fase, objetiva-se a construção de uma rede independente e específica para esgotos, caracterizando o sistema separador absoluto. Para tanto, serão aproveitadas integralmente as obras e investimentos que já tiverem sido implementados.

No presente, as redes coletoras que passam em frente às economias dos usuários estão em execução. Essas, antes ligadas somente à rede pluvial, ao serem ligadas às redes coletoras-tronco implementadas através do PDES, terão seu esgoto sanitário encaminhado a uma ETE, conforme figura 20. (SUITA, 2018).

Figura 20 – Ligação à rede pluvial e à rede coletora de esgoto



Fonte: Suita (2018).

Para que a ligação à rede coletora seja realizada, deve ser instalado pelo SAMAE um TIL de ligação junto ao passeio público. (SAMAE, 2018). Após realizada a ligação à rede coletora de esgoto, as ligações à rede pluvial devem ser removidas.

A correta ligação das economias na rede de esgoto deve ser realizada de acordo com a figura 21, na qual encontram-se identificadas as responsabilidades do proprietário.

Figura 21 – Ligação das economias à rede coletora de esgoto e responsabilidades do proprietário



Fonte: SAMAE (2018).

Tendo em vista a efetividade das soluções propostas e em execução em Caxias do Sul, bem como as características semelhantes desse município com o município de Garibaldi em termos de clima, solo e economia, a proposta do presente trabalho é que Garibaldi adote uma solução semelhante para adequar a rede de esgoto.

### 3 METODOLOGIA

O presente capítulo conta com um breve histórico do município em questão, assim como dados do mesmo. Ainda, serão descritas as fontes de consulta utilizadas na realização dos diagnósticos pertinentes ao presente trabalho, bem como os critérios adotados ao determinar o bairro de estudo e a área da ETE.

Serão descritos os procedimentos de cálculos referentes à vazão e ao dimensionamento, assim como os critérios considerados para o traçado da rede e para o desenvolvimento do pré-levantamento dos custos da implantação.

#### 3.1 ESTUDO DE CASO – GARIBALDI/RS

Segundo o site da Prefeitura de Garibaldi (2016a), o município, previamente denominado de Colônia Conde D'Eu, surgiu por ato em 24 de maio de 1870. Como a região possuía terras acidentadas e não havia interesse por parte do governo em investir em infraestrutura para que fosse atrativa sua ocupação, essa foi povoada por europeus acostumados ao clima frio e ao cultivo agrícola prejudicado pelo terreno.

Esses imigrantes, todos prussianos, chegaram à Conde D'Eu em julho de 1870 e incrementaram uma agricultura de subsistência em função de haver apenas uma estrada ligando a Colônia a outros municípios, estando essa em péssimas condições. Posteriormente, por essa mesma estrada, chegaram imigrantes suíços, franceses, austríacos, poloneses e, principalmente, italianos. A população do município é, até hoje, composta majoritariamente por descendentes desses imigrantes.

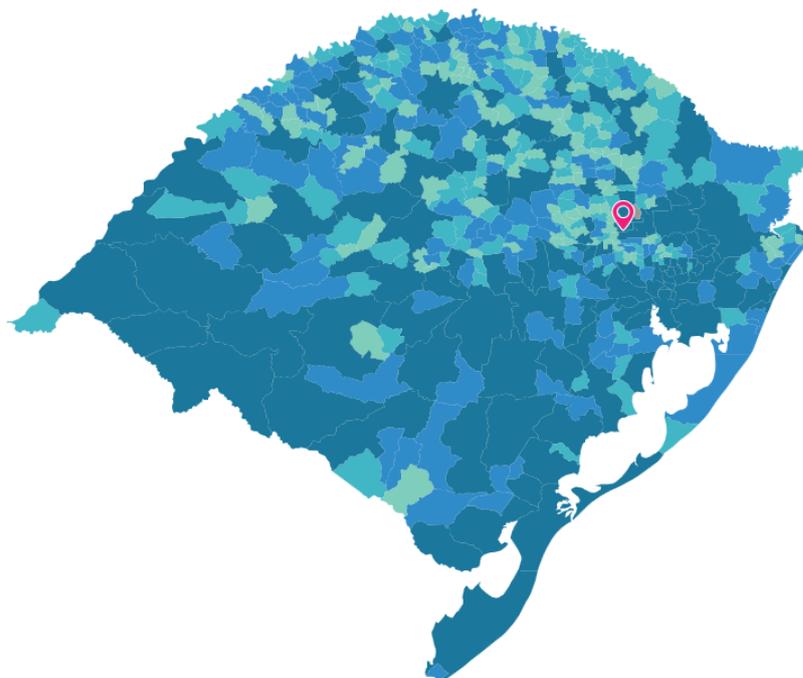
Em 31 de outubro de 1900, Conde D'Eu foi reconhecida como município pelo governo e, em homenagem a Giuseppe Garibaldi, passou a denominar-se Garibaldi.

De acordo com dados fornecidos no site da Prefeitura, o município de Garibaldi, localizado na região nordeste do Rio Grande do Sul (figura 22), dista-se aproximadamente 110 km de Porto Alegre. Fazendo divisa ao norte com Bento Gonçalves, a noroeste com Santa Tereza, ao sul com Carlos Barbosa, a sudoeste com Boa Vista do Sul, a leste com Farroupilha e a oeste com Coronel Pilar.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018), o município, com população estimada de 34.684 pessoas, possui área de 168,137

km<sup>2</sup>. De acordo com o site da Prefeitura de Garibaldi, a base economia do município é a indústria.

Figura 22 – Mapa de localização do município de Garibaldi



Fonte: IBGE (2017).

### 3.2 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE GARIBALDI/RS

A fim de diagnosticar o sistema de coleta, bem como o sistema de tratamento de esgotos de Garibaldi, fez-se uso do tomo IV do Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de 2012, denominado “Infraestrutura de Esgotamento Sanitário”.

### 3.3 DIAGNÓSTICO DO CORPO RECEPTOR DE GARIBALDI/RS

Utilizou-se o tomo I do Plano Ambiental Municipal de 2011, bem como o tomo IV do Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de 2012 para realizar o diagnóstico do corpo hídrico receptor de Garibaldi/RS.

### 3.4 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nos itens a seguir, constam os critérios adotados na escolha do bairro a desenvolver o projeto piloto e da área a posicionar a ETE, bem como no traçado da rede.

#### 3.4.1 Bairro Escolhido para o Desenvolvimento do Projeto

O bairro Chácaras foi escolhido em função de estar distante dos demais sistemas de tratamento do município e em função de grande parte da população ser de baixa renda. Ainda, de acordo com o IBGE (2010), esse é o terceiro bairro com o maior número de habitantes de Garibaldi.

#### 3.4.2 Área da ETE

A ETE foi posicionada em um dos pontos mais baixos da rede, em um terreno com dimensões adequadas e que não é habitado. Além disso, foi posicionada de forma que, aproveitando a declividade do terreno, todos os trechos tenham sua contribuição levada até a ETE.

#### 3.4.3 Traçado da Rede

A rede foi traçada com o objetivo de desempenhar o papel de um coletor e de receber a contribuição de trechos da rede existente, levando o esgoto doméstico coletado a uma ETE posicionada estrategicamente.

O principal critério adotado no traçado da rede foi aproveitar a declividade natural do terreno, a fim de dispensar a necessidade de estações elevatórias de esgoto.

### 3.5 CÁLCULO DA VAZÃO

Os parâmetros utilizados para o cálculo das vazões inicial e final, indicados pela norma NBR 9649 (ABNT, 1986, p. 7), encontram-se na tabela 2. Utilizou-se a máxima taxa de contribuição de infiltração prevista por norma, pois não houve apuração das condições do local necessárias para sua determinação.

Tabela 2 – Parâmetros utilizados no cálculo das vazões

Coeficiente de retorno (C)	0,8
Coeficiente de máxima vazão diária ( $k_1$ )	1,2
Coeficiente de máxima vazão horária ( $k_2$ )	1,5
Taxa de contribuição de infiltração (T/I)	0,001 l/s.m

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

No presente estudo, utilizou-se um consumo de água *per capita* (CPC) de 200 l/hab.dia e considerou-se vazão mínima de 1,5 l/s em cada trecho da rede, conforme recomendado pela NBR 9649 (ABNT, 1986, p. 3). O cálculo das vazões totais inicial e final foi realizado utilizando-se as equações 1 e 2 a seguir, sendo que a vazão inicial é referente ao ano de 2019 e a final ao ano de 2039 da área em estudo.

$$Q_{ci} = CPC \times P_2 \times k_1 \times k_2 \times \frac{C}{86400} \quad (1)$$

$$Q_{cf} = CPC \times P_3 \times k_1 \times k_2 \times \frac{C}{86400} \quad (2)$$

Dispondo do comprimento efetivo da rede ( $L_{ef}$ ), é possível calcular as vazões unitárias inicial e final, conforme equações 3 e 4 a seguir.

$$Q_{ui} = Q_{Ti} / L_{ef} \quad (3)$$

$$Q_{uf} = Q_{Tf} / L_{ef} \quad (4)$$

Nos pontos de ligação da rede existente com a nova, considerou-se as vazões provenientes do consumo de água das redes existentes como vazões concentradas. Para tanto, calculou-se o comprimento efetivo da rede existente com contribuição à nova e multiplicou-se pelas vazões unitárias inicial e final, além de somar a contribuição devido à infiltração. O cálculo das vazões concentradas iniciais e finais que chegam ao ponto 4 e 8 foi realizado através das equações 5 e 6 a seguir.

$$Q_{ci} = (L_{ef} \times Q_{ui}) + (L_{ef} \times Q_{u-inf}) \quad (5)$$

$$Q_{cf} = (L_{ef} \times Q_{uf}) + (L_{ef} \times Q_{u-inf}) \quad (6)$$

Ainda, é necessário calcular a contribuição total devido à infiltração. O cálculo da mesma foi realizado conforme equação 7 a seguir, sendo que o comprimento efetivo é relativo ao comprimento total da nova rede.

$$Q_{inf} = 0,001 \times L_{ef} \quad (7)$$

### 3.6 DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

Selecionou-se uma área a fim de desenvolver um projeto piloto, a ser seguido nos mesmos moldes para as demais áreas da bacia e da cidade de Garibaldi. Vale ressaltar que não se considerou a totalidade da bacia para desenvolver o projeto e que áreas fora da mesma são atendidas.

No presente trabalho, será demonstrado o dimensionamento relativo à primeira etapa de transição do sistema unitário para o sistema separador absoluto. Em uma segunda etapa, o coletor dimensionado será reaproveitado para realizar a ligação com as redes de esgotos implantadas nas ruas, em frente às economias, transportando a vazão coletada para a ETE.

Nos pontos de ligação entre a rede existente e o coletor a implantar, devem ser instalados vertedores. O objetivo desses é limitar a vazão transportada para a ETE. Portanto, o diâmetro das redes ligadas ao vertedor não serão mantidas após o mesmo, já que só seguirá para o coletor parte do volume.

O coletor será de PVC com junta elástica DN 150 em toda sua extensão. Portanto, o coeficiente de rugosidade (Manning) (n) utilizado foi de 0,01 e espessura de 3,6 mm.

A seguir, encontra-se o demonstrativo dos procedimentos de cálculo utilizados no dimensionamento da rede coletora de esgoto.

#### 3.6.1 Declividade da Tubulação por Trecho

A fim de atender uma tensão trativa mínima de 1,0 Pa em cada trecho, determina-se a declividade mínima ( $I_{min}$ ) em m/m necessária para  $n = 0,010$  através da equação 8 a seguir, de acordo com Tsutiya e Alem Sobrinho (2011) para tubos de PVC.

$$I_{min} = 0,0061 \times Q^{-0,49} \quad (8)$$

Q = vazão no trecho no ano inicial.

A equação supracitada foi utilizada em todos os trechos. Além disso, calculou-se a declividade da rua ( $I_{rua}$ ) em cada trecho, a fim de determinar a declividade da tubulação. Quando a  $I_{rua}$  resultou em um valor maior do que a  $I_{mín}$ , seguiu-se o cálculo utilizando a declividade da rua como sendo a declividade das tubulações do trecho.

A seguir, equação 9, utilizada em cada trecho para determinar a declividade da rua em m/m.

$$I_{rua} = CT_M - CT_J/L \quad (9)$$

$CT_M$  = cota do terreno a montante (m);

$CT_J$  = cota do terreno a jusante (m);

$L$  = comprimento do trecho (m).

### 3.6.2 Velocidades de Escoamento

No presente projeto, foi calculada a velocidade da seção plena, a velocidade crítica e a velocidade real em cada trecho. A seguir, equações e critérios considerados no cálculo das mesmas.

#### 3.6.2.1 Velocidade da Seção Plena ( $V_o$ )

Seguindo a NBR 1949 (ABNT, 1986, p. 3), adotou-se velocidade máxima de 5 m/s em todos os trechos. A equação 10, utilizada para determinar a velocidade em seção plena em m/s, encontra-se a seguir.

$$V_o = R_H^{2/3} \times I^{1/2}/n \quad (10)$$

$R_H$  = raio hidráulico ( $D/4$ );

$n$  = coeficiente de Manning (0,010 para PVC).

Então, é possível calcular a vazão em seção plena ( $Q_o$ ), através da equação 11 a seguir.

$$Q_o = (\pi \times D^2/4) \times V_o \quad (11)$$

### 3.6.2.2 Velocidade Crítica ( $V_c$ )

É necessário calcular a velocidade crítica pois essa deve ser maior que a velocidade de escoamento final. Caso seja menor, a maior lâmina de água deve ser de até 50% do diâmetro do coletor, a fim de garantir a ventilação do trecho.

A equação 12, utilizada para o cálculo da velocidade crítica, encontra-se a seguir.

$$V_c = 6 \times (g \times R_H)^{1/2} \quad (12)$$

$g$  = aceleração da gravidade (adotado  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ );

$R_H$  = raio hidráulico.

### 3.6.2.3 Velocidade Real no Trecho

A fim de calcular as velocidades reais dos trechos da rede em estudo, dividiu-se as vazões iniciais ( $Q_i$ ) e finais ( $Q_f$ ) pela vazão em seção plena ( $Q_o$ ) para possibilitar o uso da tabela em anexo (anexo B). Dessa forma, encontra-se os valores relativos a  $V/V_o$  e, assim, é possível realizar uma interpolação entre os valores.

Após obter o valor de  $V/V_o$ , multiplica-se a velocidade da seção plena e descobre-se a velocidade real de cada trecho.

### 3.6.3 Altura da Lâmina de Água nas Tubulações

Conforme a NBR 9649 (ABNT, 1986, p. 3), a lâmina d'água para vazão final deve possuir altura de, no máximo, 75% do diâmetro da tubulação.

Para verificá-la, é necessário interpolar os valores de  $Q_i/Q_o$  e  $Q_f/Q_o$ , encontrados na tabela do anexo B e, assim, encontrar o respectivo valor de  $h/D$ . Ao realizar a multiplicação do valor encontrado pelo diâmetro nominal da tubulação, tem-se a altura da lâmina de água real do trecho.

### 3.6.4 Verificação do Remanso

O nível de água na saída de um PV ou TIL deve ser igual ou menor ao nível na entrada do mesmo. Caso contrário, deve ser verificado o remanso no trecho de montante.

### 3.6.5 Profundidade da Tubulação e dos Acessórios

O recobrimento, referente à diferença de nível da geratriz superior externa do coletor em relação a superfície do terreno, deve ser de, no mínimo, 0,90 m, quando assentados no leito das vias.

Por questões econômicas e técnicas, recomenda-se recobrimentos máximos de 4 m.

As equações 13 e 14, utilizadas para verificar a cota de fundo (CF) dos PVs e ITs, a montante e a jusante de cada trecho, encontram-se respectivamente a seguir.

$$CF_M = CT_M - (DN + 2 \times ESP + REC) \quad (13)$$

$$CF_J = CF_M - (I \times L) \quad (14)$$

CTM = cota do terreno a montante (m);

DN = diâmetro nominal da tubulação;

ESP = espessura da tubulação (0,036 m para PVC de parede maciça, conforme NBR 7362-2 (ABNT, 1999);

REC = recobrimento da tubulação(m);

I = declividade adotada (m/m);

L = comprimento do trecho (m).

## 3.7 ESCAVAÇÃO, ASSENTAMENTO DOS TUBOS E REATERRO DAS VALAS

O município de Garibaldi possui solo composto, principalmente, por rocha basáltica. Logo, foi prevista escavação de valas em rocha branda sem uso de explosivo. Consultando-se o caderno de encargos da Corsan (Corsan, 2016), é possível obter os seguintes dados: tipo de escoramento, largura da vala, largura da pavimentação e reenchimento da vala.

A seguir, tabela utilizada para obter os dados necessários para pré-levantamento dos custos de implantação (tabela 3).

Tabela 3 – Dados para a escavação

DN (mm)	Material do Tubo	Profundidade da Vala (m)	Tipo de Solo	Tipo de Escoramento	Largura da Vala (m)	Largura da Pavimentação (m)	Reenchimento de Valas (m)			
							h1		h3	
							Solo sem rocha	solo com rocha	h2	Mínimo = 0,65m
50 a 150	PVC e Ferro Fundido	até 1,25	decomposta/ branda/dura	sem escoramento	0,55	0,95	0,10	0,20	0,40	
		1,26 a 1,75	decomposta/ branda/dura	sem escoramento	0,55	0,95	0,10	0,20	0,40	
		1,76 a 1,99	decomposta	pontaleamento	0,65	1,05	0,10	0,20	0,40	
		1,76 a 1,99	branda/dura	sem escoramento	0,55	0,95	0,10	0,20	0,40	
		2,00 a 2,99	decomposta	descontínuo de madeira	0,85	1,25	0,10	0,20	0,40	
		2,00 a 2,99	branda/dura	sem escoramento	0,65	1,05	0,10	0,20	0,40	
		3,00 a 3,99	decomposta	blindagem pesada	1,05	1,45	0,10	0,20	0,40	
		3,00 a 3,99	branda/dura	sem escoramento	0,75	1,15	0,10	0,20	0,40	
		4,00 a 4,99	decomposta	blindagem pesada	1,35	1,75	0,10	0,20	0,40	
		4,00 a 4,99	branda/dura	sem escoramento	0,85	1,25	0,10	0,20	0,40	
		5,00 a 5,99	decomposta	blindagem pesada	1,35	1,75	0,10	0,20	0,40	
		5,00 a 5,99	branda/dura	sem escoramento	0,95	1,35	0,10	0,20	0,40	
		Acima de 6,00	decomposta	estaca-prancha	1,65	2,05	0,10	0,20	0,40	
Acima de 6,00	branda/dura	sem escoramento	1,05	1,45	0,10	0,20	0,40			

Fonte: Adaptado de Corsan (2016).

### 3.8 PRÉ-LEVANTAMENTO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO

Com o objetivo de realizar um pré-levantamento dos custos de implantação, realizou-se um orçamento levando em consideração o material e diâmetro do tubo; tipo de solo da região; profundidade de escavação; necessidade de escoramento; acessórios utilizados; características da pavimentação do local e tipo de sinalização necessária durante a implantação, além do custo do cadastro e desenho da rede.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O capítulo de análise dos resultados conta com o diagnóstico do sistema de coleta e tratamento de esgotos domésticos, bem como diagnóstico do corpo hídrico receptor do município em estudo.

Ainda, o presente capítulo é composto pela delimitação da área de estudo, localização da ETE, critérios adotados e detalhes quanto ao traçado da rede e ligação à rede existente.

Também constam nesse capítulo os dados populacionais, bem como a estimativa da população para o alcance de projeto, da área escolhida; cálculo das vazões atuais e futuras unitárias, concentradas e totais; resultados relacionados ao dimensionamento da rede e apresentação dos acessórios utilizados e dos processos referentes à escavação, assentamento dos tubos e reaterro das valas.

### 4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE COLETA E TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS DE GARIBALDI/RS

Segundo o IBGE (2017), 83,9% dos domicílios de Garibaldi possuem ligação à rede de esgoto. Identifica-se a existência de redes de esgotamento unitário e separador absoluto, sendo que a última se restringe a novos loteamentos. Até o momento presente, alguns desses loteamentos não se encontram habitados e, portanto, suas redes separadoras absolutas ainda não estão em operação. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

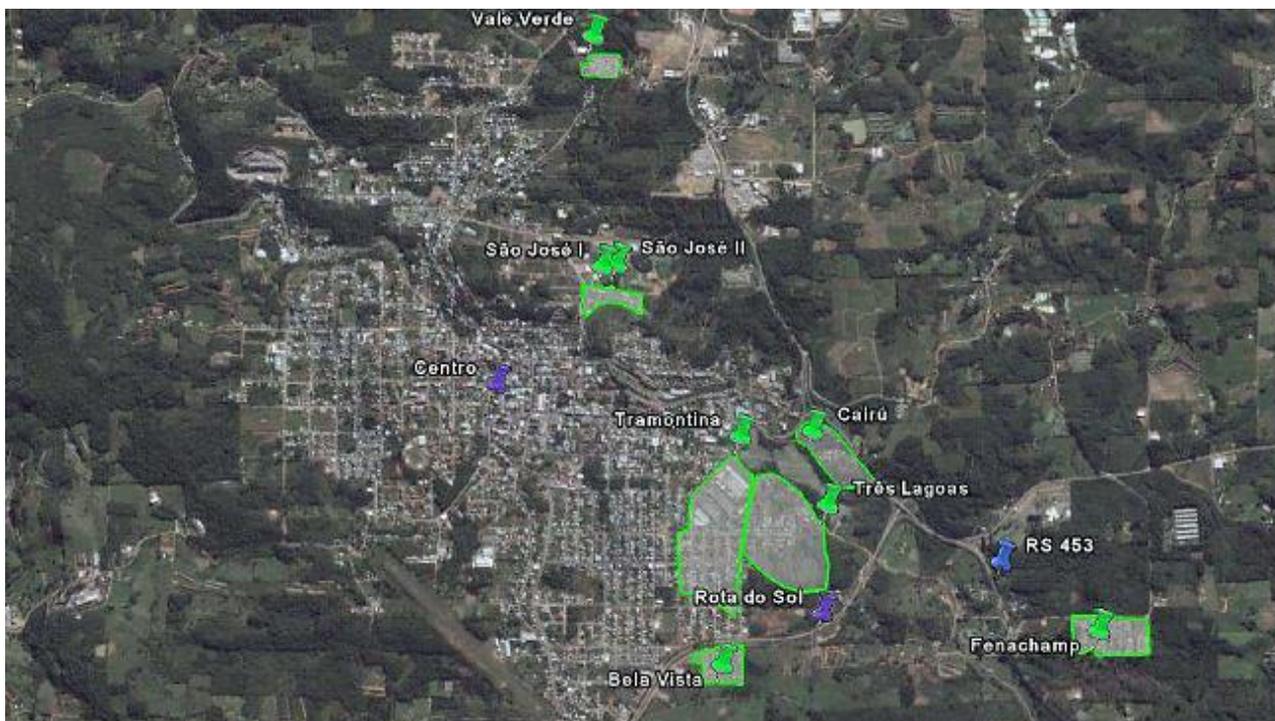
Ao longo da rede, verifica-se a ausência de órgãos acessórios. Em outros locais, em função da pavimentação asfáltica sobreposta, os mesmos encontram-se inacessíveis, situação típica em diversos municípios.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo (GARIBALDI, 2012, t. 4), é obrigatória a execução de redes com separador absoluto nos novos loteamentos, sendo que essa deve ser fiscalizada pela Prefeitura Municipal, bem como as ligações prediais.

Assinou-se, em 2014, um contrato com escopo de 25 anos para prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário pela Corsan. (GARIBALDI, 2016b). Até então, não há cobrança de taxa de esgotos no município.

Alguns bairros e loteamentos do município são atendidos por sistemas de tratamento de esgoto, totalizando sete, identificados juntamente com a delimitação de suas bacias de contribuição na figura 23.

Figura 23 – Localização dos sistemas de tratamento de esgoto de Garibaldi/RS



Fonte: Garibaldi (2012, t. 4).

Os sistemas de tratamento são compostos por fossas sépticas e filtros anaeróbios, não atendendo aos padrões exigidos pela Resolução CONSEMA Nº 355/2017 quanto às concentrações de DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais (SST) e nitrogênio amoniacal. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

Para o funcionamento dos sistemas, faz-se uso de redes separadoras de pequena extensão e diâmetro e de sistemas anaeróbios para populações de até 2.000 habitantes. Todavia, em função da escassez de redes coletoras com sistema separador absoluto e de sistemas de tratamento de esgotos, o índice de tratabilidade do efluente gerado é baixo.

Estima-se que cerca de 24% dos efluentes da cidade recebam tratamento através de sistemas coletivos, atendendo 6750 habitantes, ou seja, em torno de 19,5% da população. Porém, as estações foram projetadas para tratar o esgoto de uma população de 4.158 pessoas.

Areia e outros objetos grosseiros são detectados durante a remoção de lodo, em função da falta de gradeamento e desarenador nos locais de tratamento. Ainda, em alguns dos sistemas não há isolamento do local e há falta de manutenção, levando a transbordamentos devido a entupimentos.

Para adequar os sistemas atuais visando a melhor solução técnica, econômica e ambiental, deve-se adaptá-los. Dessa forma, faz-se necessário complementar o tratamento adicionando sistemas distintos dos atuais, atendendo, assim, os padrões de lançamento exigidos.

A seguir encontra-se o diagnóstico de cada um dos locais de tratamento administrados pela prefeitura.

#### **4.1.1 Bela Vista**

Esse, projetado para 930 habitantes e vazão máxima de 276 m<sup>3</sup>/dia, é composto por duas fossas sépticas interligadas, com volume unitário de 85,5 m<sup>3</sup>, e 4 filtros anaeróbios de 25,31 m<sup>3</sup> cada. Sua área é de 240 m<sup>2</sup> (12x20 m).

Nesse sistema, a remoção de DBO<sub>5</sub>, DQO e SST não está de acordo com os níveis estabelecidos pela legislação.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo do município (GARIBALDI, 2012, t. 4) há um projeto com projeção populacional de 30 anos para atender 1535 habitantes. A ETE proposta é composta por grelha; recalque; desarenador; oxidação biológica com reator de leito móvel com biofilme; sedimentador final; acúmulo, espessamento e desidratação do lodo; desinfecção e lançamento no corpo receptor e substituirá o sistema de tratamento atual.

#### **4.1.2 Cairú**

Formado por uma fossa séptica (39,0 m<sup>3</sup>) e um filtro anaeróbico (31,3 m<sup>3</sup>), foi projetado para uma vazão máxima de 39 m<sup>3</sup>/dia e 200 habitantes.

Esse, de 119 m<sup>2</sup>, localiza-se às margens da barragem de captação de água da cidade, sendo que seu efluente é lançado diretamente na mesma. É recorrente a eutrofização da barragem, tendo em vista que a eficiência de tratamento do sistema em questão não atende continuamente aos padrões da legislação.

Há projetos referentes a uma ampliação para que esse atenda um bairro a mais e uma parte maior daquele atendido atualmente, atendendo 2000 habitantes em um horizonte de projeto de 30 anos. Nesse mesmo projeto de readequação, prevê-se sistema coletor do tipo separador absoluto e fluxo de tratamento mais eficiente, composto por grelha; recalque; desarenador; oxidação biológica com reator de leito móvel com biofilme; sedimentador final; acúmulo, espessamento e desidratação do lodo; desinfecção e lançamento no corpo receptor.

Em se tratando de corpo receptor, é previsto que, para se adequar às exigências do órgão ambiental, o ponto de lançamento do efluente tratado se dê à jusante do ponto de captação de água da barragem. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

#### 4.1.3 Fenachamp

O local em questão, de área de 322 m<sup>2</sup>, é composto por duas fossas sépticas e quatro filtros anaeróbicos, com volume unitário de 5,1 m<sup>3</sup> e 6,12 m<sup>3</sup>, respectivamente. Seu projeto estabelece uma vazão máxima de 132 m<sup>3</sup>/dia, equivalendo a 695 habitantes.

Esse apresenta complicações, que devem ser solucionadas, relacionadas à obstrução do sistema e também da rede coletora, ocasionando transbordamentos em dias de maior volume de chuva (figura 24). Além disso, nesses dias há acúmulo de água nas tubulações em função do refluxo de efluente para a rede. Outrossim, diversos PVs encontram-se inacessíveis em função da pavimentação da via, resultando na ausência de inspeção dos mesmos.

Figura 24 – ETE Fenachamp com obstruções e transbordamentos



Fonte: Garibaldi (2012, t. 4).

Nesse, os parâmetros de DQO e DBO<sub>5</sub> encontram-se próximos aos valores máximos definidos pela legislação. Percebe-se teores elevados de óleos e graxas e também excesso de sólidos. Isso pode indicar a inexistência de caixas de gordura residenciais.

Um projeto, dimensionado para uma população de 1500 habitantes, com horizonte de projeto de 30 anos, foi desenvolvido a pedido da prefeitura. O fluxo da ETE planejada é composto por gradeamento; tanque de acúmulo e homogeneização; sedimentador primário; tanque de aeração com difusores de ar; decantador final; câmara de desinfecção por ultravioleta; recirculação e adensamento e desidratação do lodo. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

#### **4.1.4 São José**

O sistema de tratamento São José, instalado em área de 160 m<sup>2</sup>, é composto por uma fossa séptica de 57,6 m<sup>3</sup> e dois filtros anaeróbicos de 50 m<sup>3</sup> no total. Esse foi projetado para uma vazão máxima de 90 m<sup>3</sup>/dia e 340 habitantes. Nesse sistema, apenas o parâmetro de óleos e graxas totais encontra-se de acordo com o exigido pela legislação.

Visando melhorar essa situação, há um projeto com horizonte de 30 anos e com população prevista de 4000 habitantes. Esse é composto de gradeamento; tanque de acúmulo e homogeneização; sedimentador primário; tanque de aeração com difusores de ar; decantador final; câmara de desinfecção por ultravioleta; recirculação; adensamento e desidratação do lodo. Há ainda a previsão de ampliar a rede coletora do bairro. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

#### **4.1.5 Tramontina**

Instalado em uma área de 342 m<sup>2</sup>, o sistema em questão é composto por quatro fossas sépticas e seis filtros anaeróbicos, com volumes unitários de 60,1 m<sup>3</sup> e 24,6 m<sup>3</sup>, respectivamente.

A vazão máxima, estabelecida por projeto, é de 584 m<sup>3</sup>/dia, para uma população equivalente de 1480 habitantes. Esse atende a todos os parâmetros de saída estabelecidos pela resolução CONSEMA nº 355/2017.

Tendo em vista o aumento populacional, há um projeto para readequação de rede, composto por grelha; recalque; desarenador; oxidação biológica com reator de leito móvel com biofilme; sedimentador final; acúmulo, espessamento e desidratação do lodo; desinfecção e lançamento no corpo receptor. De acordo com esse projeto, com horizonte de 30 anos, a ETE Tramontina atenderá 2650 habitantes. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

#### **4.1.6 Três Lagoas**

Projetado para uma vazão máxima de 38,6 m<sup>3</sup>/dia, equivalente a uma população de 193 habitantes, o sistema de tratamento Três Lagoas está instalado em uma área de 138 m<sup>2</sup>. Esse é composto por uma fossa séptica de 38 m<sup>3</sup> e um filtro anaeróbico de 30,6 m<sup>3</sup>. Além disso, encontra-se após o filtro um tanque de fibra e uma bomba submersível, com o intuito de acumular e bombear o esgoto tratado a jusante da captação de água da barragem.

O sistema em questão atende aos parâmetros de remoção de DBO<sub>5</sub>, Sólidos Sedimentáveis e SST na Resolução CONSEMA nº 355/2017. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

#### **4.1.7 Vale Verde**

O sistema em questão, instalado em uma área de 208 m<sup>2</sup>, é constituído por duas fossas sépticas sobrepostas, com volume total de 79,4 m<sup>3</sup>, e dois filtros anaeróbios, com volume unitário de 24,6 m<sup>3</sup>. A vazão máxima estabelecida em projeto do sistema de tratamento Vale Verde é de 64 m<sup>3</sup>/dia, o que equivale a uma população de 320 habitantes

Os parâmetros de remoção de DBO<sub>5</sub>, Sólidos Sedimentáveis e SST não atendem à Resolução CONSEMA nº 355/2017. Portanto, há um projeto para receber o efluente de 2215 habitantes, projeção populacional de 30 anos.

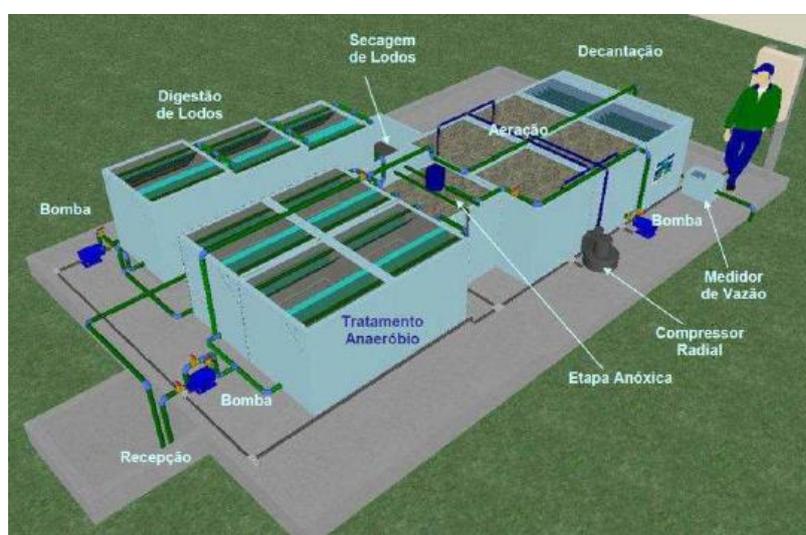
Esse projeto contempla as seguintes fases de tratamento: grelha; recalque; desarenador; oxidação biológica com reator de leito móvel com biofilme; sedimentador final; acúmulo, espessamento e desidratação do lodo; desinfecção e lançamento no corpo receptor. (GARIBALDI, 2012, t. 4).

#### 4.1.8 ETE Parque Fenachamp

A ETE Parque Fenachamp, com vazão máxima de projeto de 21,6 m<sup>3</sup>/dia, possui a função de tratar o efluente dos sanitários do parque de eventos Fenachamp.

Conforme figura 25, o sistema é composto por recalque inicial, tratamento anaeróbico, etapa anóxica, tratamento aeróbio, decantador lamelar, recirculação e digestão de lodo.

Figura 25 – Sistema de tratamento ETE Parque Fenachamp



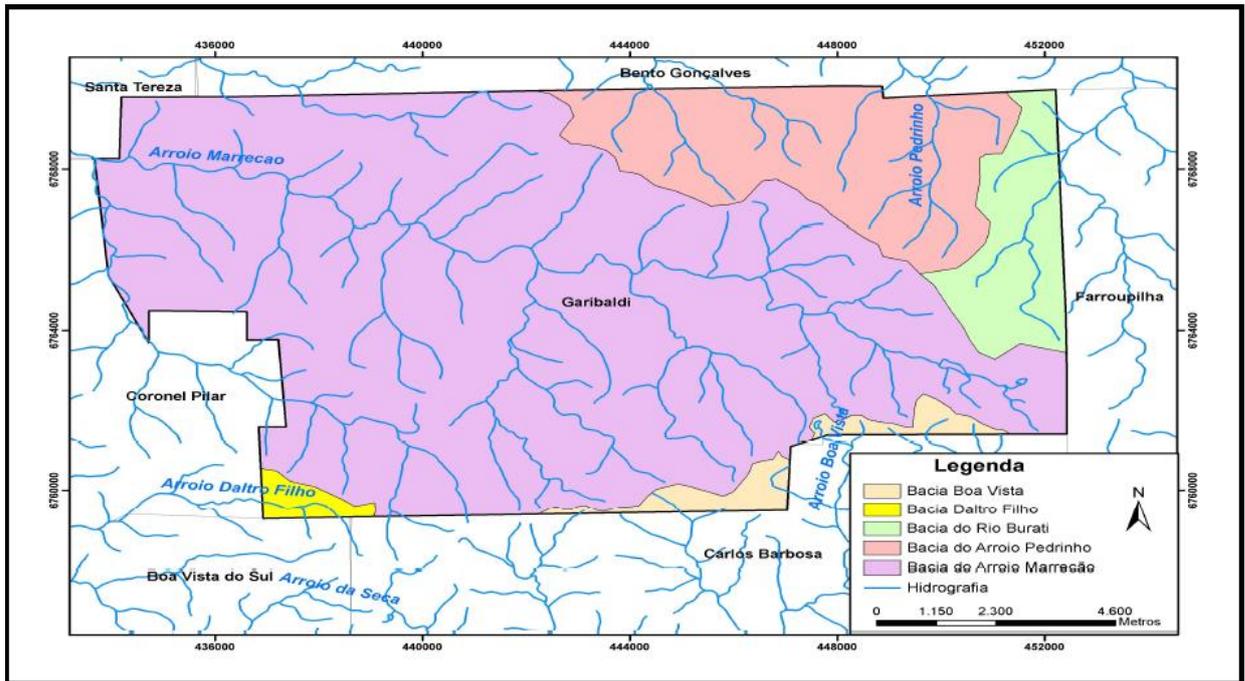
Fonte: Garibaldi (2012, t. 4).

#### 4.2 DIAGNÓSTICO DO CORPO HÍDRICO RECEPTOR DE GARIBALDI/RS

O município de Garibaldi está inserido na bacia Taquari-Antas. Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico Participativo de Garibaldi/RS (GARIBALDI, 2012, t. 4), o arroio Marrecão, corpo receptor do esgoto sanitário do município, com seus afluentes e cursos hídricos, atinge aproximadamente 3 mil km de córregos em Garibaldi.

A sub-bacia do arroio Marrecão (figura 26) drena 75% da área do município, sendo que na área urbana do município esse é canalizado por galerias subterrâneas. Seu deságue realiza-se no Rio Taquari, sendo esse flui em direção ao município de Santa Tereza. (GARIBALDI, 2011, t. 1).

Figura 26 – Delimitação das sub-bacias hidrográficas de Garibaldi/RS



Fonte: Garibaldi (2011, t. 1).

Esse, que é o principal curso hídrico do município, encontra-se com alta concentração de matéria orgânica em função do esgoto sanitário doméstico que é despejado em descargas concentradas no mesmo sem o devido tratamento (figura 27). Os moradores dos arredores já foram notificados quanto à necessidade de instalação de fossa, filtro e sumidouro.

Figura 27 – Descargas concentradas no Arroio Marrecão



Fonte: Garibaldi (2012, t. 4).

Os moradores dos entornos queixam-se de mau odor e é possível observar coloração escura e materiais sobrenadantes, conforme figura 28.

Figura 28 – Coloração escura identificada no Arroio Marrecão

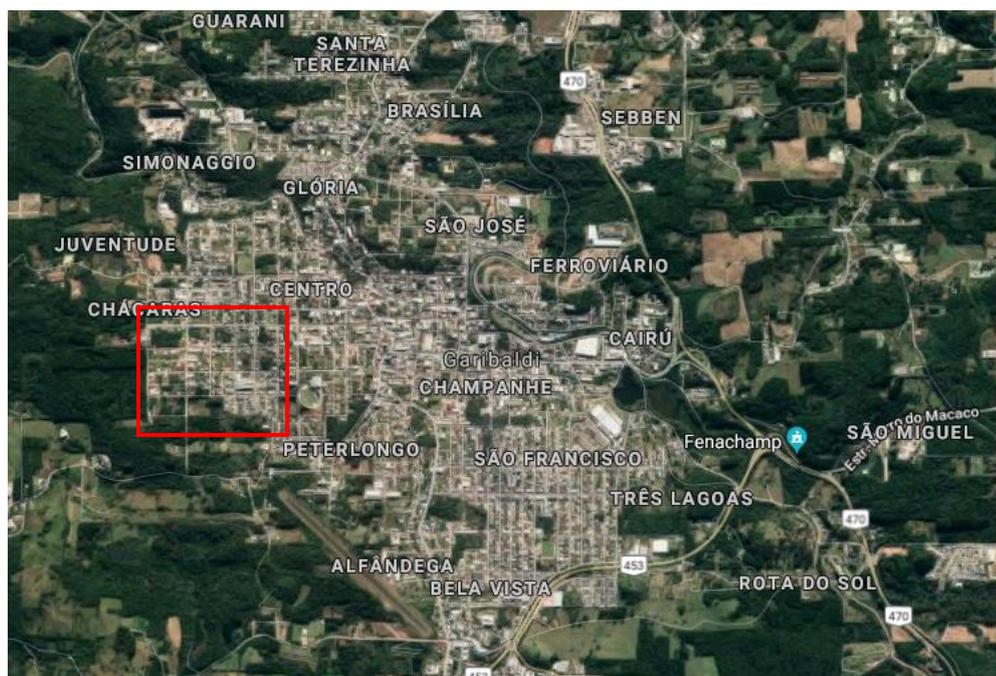


Fonte: Garibaldi (2012, t. 4).

#### 4.3 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para a realização do presente trabalho, foi determinada uma bacia de contribuição no bairro escolhido. Para fins demonstrativos, selecionou-se parte da bacia para posicionar a ETE e a maior extensão do coletor tronco separador absoluto até a ETE. Adaptações pertinentes à rede existente foram demarcadas e os acessórios foram posicionados. O bairro escolhido e a área selecionada para o projeto piloto seguem demarcadas na figuras 29 e 30, respectivamente. Em ambas as imagens, o norte está posicionado para cima.

Figura 29 – Bairro escolhido para o desenvolvimento do projeto piloto



Fonte: Adaptada de Garibaldi... (2019).

Figura 30 – Área do bairro selecionada para o desenvolvimento do projeto piloto



Fonte: Adaptado de Garibaldi... (2019).

O bairro escolhido foi o Chácaras, em função de ser uma área distante das ETEs da cidade (conforme figura 23) e por ser o terceiro bairro com maior número de residentes, ficando atrás em quantidade de habitantes apenas dos bairros Centro

e São Francisco. Além disso, grande parte da população da área escolhida é de baixa renda.

#### 4.4 LOCALIZAÇÃO DA ETE

A ETE foi posicionada em um dos pontos mais baixos da bacia, em um terreno com dimensões aproximadas de 25x30 m. A localização e a imagem em *street view* do terreno escolhido seguem nas figuras 31 e 32, respectivamente. Na figura 31, o norte está posicionado para cima.

Figura 31 – Localização da ETE da área de contribuição em estudo



Fonte: Adaptado de Garibaldi... (2019).

Figura 32 – Terreno selecionado para a ETE da área de contribuição em estudo



Fonte: Garibaldi... (2011).

Em função de a ETE estar localizada em meio a residências, podendo ocasionar desconforto visual e mau cheiro, deve-se empregar cortinas vegetais. Essas consistem na utilização de, por exemplo, fileiras de árvores e arbustos. (MARTINS, MORAES, 2017). Além disso, objetivando a segurança do local, animais e pessoas, o local deve ser isolado.

O esgoto tratado deve ser encaminhado ao arroio Marrecão através de canalizações subterrâneas, observando-se o padrão de lançamento exigido.

#### 4.5 TRAÇADO DA REDE E LIGAÇÃO À REDE EXISTENTE

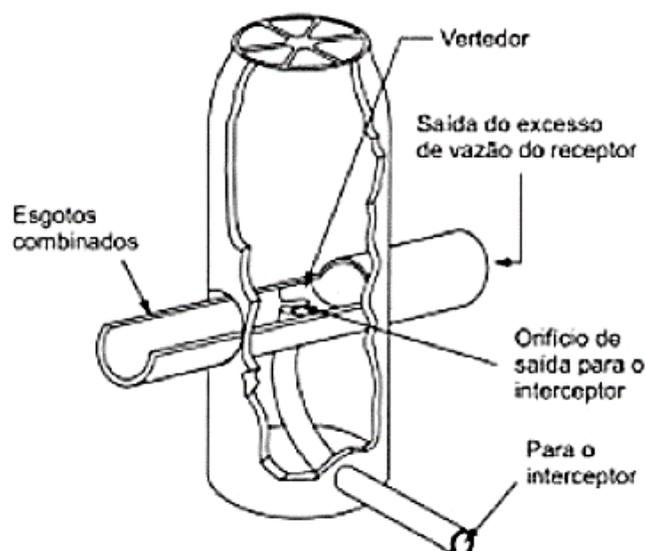
O objetivo do traçado da nova rede é de desempenhar o papel de um coletor, recebendo a contribuição de trechos da rede existente e levando o esgoto sanitário até a ETE.

O mapa da rede de esgoto de Garibaldi/RS, disponibilizada pela Prefeitura e adaptado para a área em questão, encontra-se no anexo A. Nesse, percebe-se a ineficiência no cadastro das redes, tendo em vista que, levando em consideração o traçado do mapa, muitos lotes não são atendidos pela mesma. Além disso, alguns trechos são representados sem ligação com a rede. Portanto, para desenvolver o projeto em estudo, foram realizadas adaptações na rede existente.

Com base no realizado por Caxias do Sul/RS, nos pontos de junção da rede existente – sistema unitário – e da nova rede – sistema separador absoluto – foram posicionados vertedores. Esses têm por objetivo limitar a vazão que chega até a ETE e garantir menor diluição do esgoto sanitário recolhido pelo nova rede.

Os vertedores permitem que apenas parte da vazão que chega ao ponto de ligação das redes siga caminho para o coletor e, conseqüentemente, para a ETE. Isso ocorre através da diminuição do diâmetro da nova rede em relação à existente, permitindo que, em períodos chuvosos, a vazão excedente continue percorrendo a rede pluvial. Na figura 33, esquema com detalhes gerais de um vertedor.

Figura 33 – Vertedor ajustável



Fonte: Adaptado de Gehling e Benetti (2005).

#### 4.6 DADOS POPULACIONAIS

Segundo IBGE (2019), a população do município de Garibaldi em 2010 era de 30.689 habitantes. A população estimada para 2019, de acordo com o mesmo, é de 35.070 habitantes. Ainda, sabe-se que a população do bairro Chácaras em 2010 era de 1.857 pessoas.

A fim de estimar a população de Garibaldi em 2039, utilizou-se o método aritmético, aplicando-se as fórmulas a seguir.

$$R = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} = \frac{35070 - 30689}{2019 - 2010} = \frac{4381}{9} = 486,78 \quad (14)$$

$$P_3 = P_1 + R(T_3 - T_1) = 30689 + 486,78 \times (2039 - 2010) = 44.806 \text{ habitantes} \quad (15)$$

R = razão entre a diferença de população e de anos dos dados disponíveis;

P<sub>2</sub> = população no ano intermediário;

P<sub>1</sub> = população inicial;

P<sub>3</sub> = população no ano final de projeto;

T<sub>1</sub> = ano inicial;

T<sub>2</sub> = ano intermediário;

T<sub>3</sub> = ano final de projeto.

Dessa forma, sabe-se que, em 9 anos, a população de Garibaldi cresceu 14,28% e 46% em 29 anos. Aplicando-se o mesmo percentual de crescimento à população do bairro Chácaras, tem-se 2.122 e 2.711 habitantes em 2019 e 2039, respectivamente.

A área escolhida para o desenvolvimento do projeto piloto equivale a 34,41% do bairro em questão. Dessa forma, estima-se que a população da área em estudo é de 731 habitantes em 2019 e de 933 habitantes em 2039.

#### 4.7 CÁLCULO DA VAZÃO

O cálculo das vazões totais inicial e final provenientes do consumo de água encontra-se a seguir.

$$Q_{ci} = 200 \times 731 \times 1,2 \times 1,5 \times 0,80 / 86400 = 2,44 \text{ l/s} \quad (1)$$

$$Q_{cf} = 200 \times 933 \times 1,2 \times 1,5 \times 0,80 / 86400 = 3,11 \text{ l/s} \quad (2)$$

Toda a extensão da rede é constituída de trechos com contribuição em ambos os lados. Portanto, a extensão efetiva da rede é de 585,99 m, com a extensão de cada trecho detalhada na tabela 4 a seguir, onde os vertedores são identificados como 'V'.

Tabela 4 – Extensão dos trechos da rede com contribuição dos dois lados

Trecho	Extensão
PV1-IT2	83,8556
IT2-IT3	84,4994
IT3-PV6	84,4994
V4-IT5	73,1791
IT5-PV6	73,1789
PV6-PV7	35,3305
V8-PV7	98,7494

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

O cálculo das vazões unitárias inicial e final encontra-se a seguir

$$Q_{ui} = Q_{Ti} / L_{ef} = 2,44 / 585,99 = 0,00416 \text{ l/s.m} \quad (3)$$

$$Q_{uf} = Q_{Tf} / L_{ef} = 3,11 / 585,99 = 0,00531 \text{ l/s.m} \quad (4)$$

O cálculo das vazões concentradas que chegam ao ponto 4 e 8 encontra-se respectivamente a seguir.

Vazão concentrada inicial do ponto 4:

$$Q_{ci} = (1002,01 \times 0,00416) + (1002,01 \times 0,001) = 5,17 \text{ l/s} \quad (5)$$

Vazão concentrada final do ponto 4:

$$Q_{cf} = (1002,01 \times 0,00531) + (1002,01 \times 0,001) = 6,32 \text{ l/s} \quad (6)$$

Vazão concentrada inicial do ponto 8:

$$Q_{ci} = (435,96 \times 0,00416) + (435,96 \times 0,001) = 2,25 \text{ l/s} \quad (5)$$

Vazão concentrada final do ponto 8:

$$Q_{cf} = (435,96 \times 0,00531) + (435,96 \times 0,001) = 2,75 \text{ l/s} \quad (6)$$

O cálculo da contribuição total devido à infiltração encontra-se a seguir.

$$Q_{inf} = 0,001 \times 585,99 = 0,5860 \text{ l/s} \quad (7)$$

A tabela 5 a seguir apresenta o resumo das informações referentes às vazões calculadas.

Tabela 5 – Resumo das vazões

Comprimento efetivo	585,99 m
Qi inicial	2,44 l/s
Qi final	3,11 l/s
Q unit inicial	0,00416 l/s.m
Q unit final	0,00531 l/s.m
Q conc inicial	7,42 l/s
Q conc final	9,07 l/s
Q inflit unitária	0,001 l/s.m
Q inflit total	0,5860 l/s
Q total inicial	10,44 l/s
Q total final	12,77 l/s

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

#### 4.8 DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA

Nos apêndices A e B, encontra-se, respectivamente, a tabela de dimensionamento utilizada e a representação gráfica da rede coletora de esgoto.

Os cálculos foram realizados conforme os itens 3.6.1, 3.6.2, 3.6.3, 3.6.4 e 3.6.5. No presente projeto, com o objetivo de corrigir a ocorrência de remanso nos trechos IT2 – IT3, IT3 – PV6, IT5 – PV6 e PV6 – IT7, corrigiu-se a cota de fundo a montante e a jusante dos PVs ou ITs dos mesmos.

#### 4.9 ACESSÓRIOS UTILIZADOS

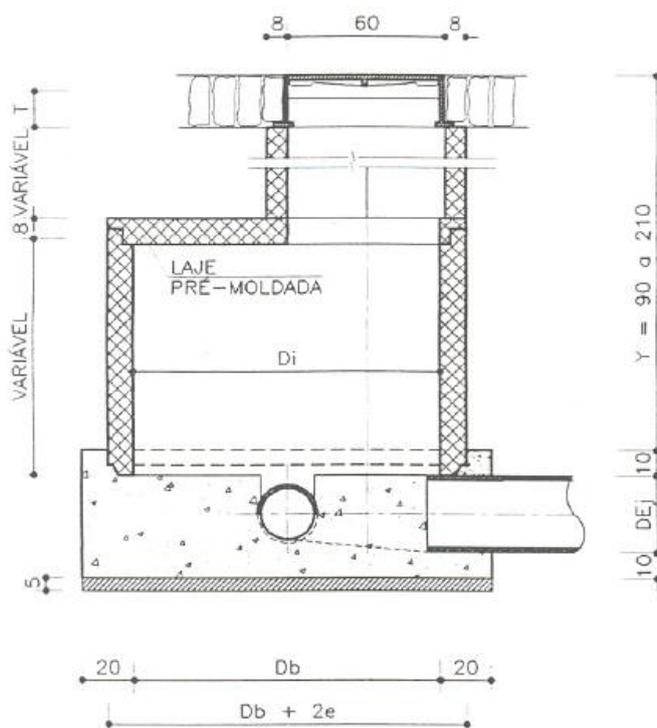
Os acessórios utilizados no presente projeto encontram-se especificados nos itens a seguir.

##### 4.9.1 Poços de Visita

No presente projeto, utilizou-se apenas um poço de visita, localizado em um ponto de mudança na direção e interseção entre dois coletores.

Para a escolha do modelo a utilizar, fez-se uso do Caderno de Encargos da Corsan (2016). O modelo a utilizar, conforme figura 34, é do tipo “N”, utilizado para profundidades entre 0,90 e 2,10 m e onde  $D_b$  e  $D_i$  correspondem a 100 cm e  $D_b + 2e$  a 116 cm.

Figura 34 – Poço de visita tipo “N”

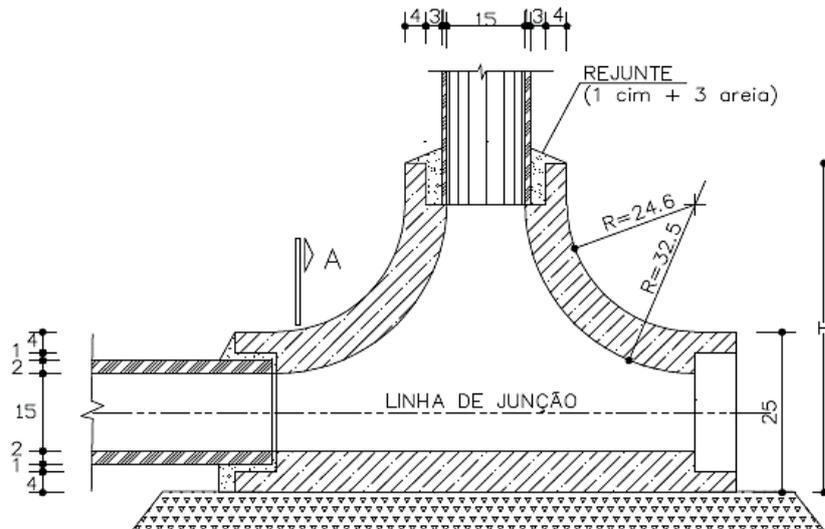


Fonte: Corsan (2016).

### 4.9.2 Inspeção Tubular

Com o intuito de diminuir o custo de implantação da rede projetada, utilizou-se 5 inspeções tubulares. Na figura 35, encontra-se as dimensões da base do IT a ser utilizado.

Figura 35 – Poço não visitável tipo inspeção tubular

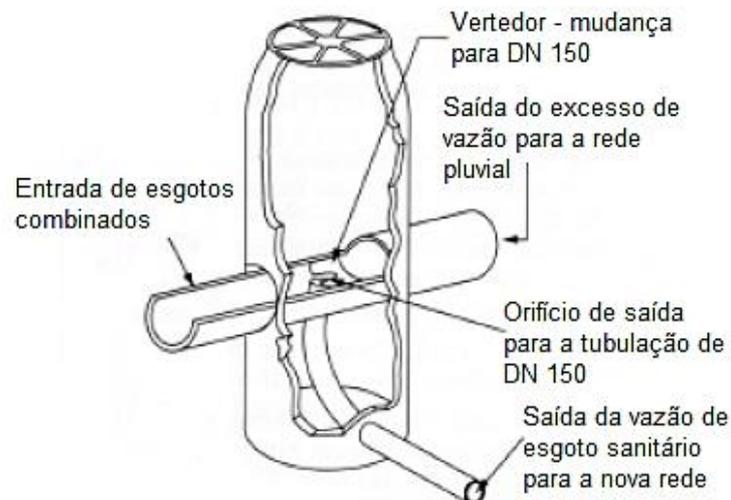


Fonte: Adaptado de Corsan (2016).

### 4.9.3 Vertedor

Na figura 36 a seguir, segue esquema do vertedor a ser utilizado nos dois pontos de ligação entre as redes existente e a implantar.

Figura 36 – Vertedor a ser utilizado na ligação entre redes



Fonte: Adaptado de Gehling e Benetti (2005).

#### 4.10 ESCAVAÇÃO, ASSENTAMENTO DOS TUBOS E REATERRO DAS VALAS

Consultando-se o caderno de encargos da Corsan (Corsan, 2016), foi possível obter os dados referentes à escavação, ao assentamento dos tubos e ao reaterro das valas.

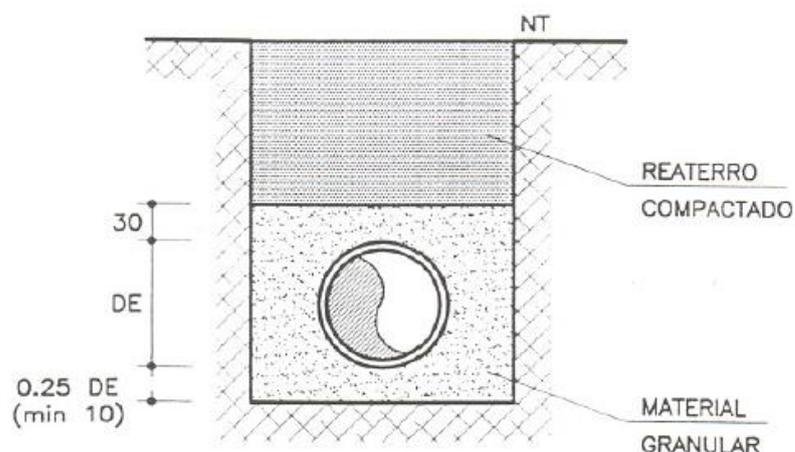
Como a tubulação é de PVC DN 150, a profundidade da vala é de até 1,25 m e o solo composto da área é composto por rocha branda, considera-se que não há necessidade de escoramento. Além disso, sabe-se que a vala deve ter largura de 0,55 m e, a pavimentação, de 0,95 m.

A escavação deve ser executada com rompedores, e o material proveniente da mesma deve ser colocado a, no mínimo, 1 m da borda da vala. O assentamento da rede será realizado no leito carroçável.

Será executado um berço de assentamento envoltório de material granular 10 cm abaixo da geratriz inferior do tubo (figura 37). Então, o tubo deve ser envolto por material granular até 30 cm acima da geratriz superior do mesmo, compactados através de processos manuais em camadas de até 15 cm.

O reaterro será realizado com material importado, em função do solo do local ser rochoso. Esse se realizará até a camada de recomposição do pavimento, compactado manualmente em camadas de até 20 cm.

Figura 37 – Assentamento da tubulação apoiada em berço envoltório de material granular



Fonte: Corsan (2016).

## 5 DISCUSSÃO

Toda a extensão da nova rede será de PVC DN 150. Os limites de velocidade, declividade, recobrimento e profundidade foram atendidos. declividade natural do terreno foi aproveitada em todos os trechos, ou seja, não há necessidade de estações elevatórias de esgoto. O horizonte de projeto é de 20 anos, tendo em vista que a rede foi dimensionada para atender a população da área de 2039.

Na tabela 6 a seguir consta o orçamento da nova rede, realizado através de consulta aos dados da Corsan (2019). Considerou-se que o solo do local é composto predominantemente por rocha branda e que o mesmo não poderá ser reutilizado para o reaterro. Além disso, considerou-se que a pavimentação atual e futura é composta de paralelepípedo.

Não foi possível obter o custo do vertedor ajustável. Portanto, estimou-se seu custo através de estimativas, levando em consideração o custo dos demais acessórios utilizados.

Tabela 6 – Orçamento da implantação

Descrição	Unidade	Custo unitário	Quantidade	Custo total
Tubo coletor de esgoto, PVC, JEI, DN 150 mm	un	R\$ 42,28	533,29	R\$ 22.547,60
PV circular pré moldado, DI 1 m, profundidade até 1,50 m, sem tampão	un	R\$ 974,67	1	R\$ 974,67
Tampão de concreto para PV	un	R\$ 39,44	1	R\$ 39,44
Sinalização com cavaletes, placas e cones	m	R\$ 1,15	533,29	R\$ 613,29
IT DN 150 mm	un	R\$ 680,92	5	R\$ 3.404,60
Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC JE DN 150	m	R\$ 4,66	533,29	R\$ 2.485,14
Escavação em rocha branda valas a frio	m³	R\$ 92,12	268,27	R\$ 24.712,65
Transporte de rocha para bota-fora - 7 km	m³	R\$ 4,31	268,27	R\$ 1.156,23
Reenchimento manual apiloado de vala	m³	R\$ 20,23	268,27	R\$ 5.427,02
Lastro de areia - material, compactação, carga e descarga	m³	R\$ 99,26	29,33	R\$ 2.911,30
Material empréstimo terra - carga, descarga e transporte até 10 km	m³	R\$ 37,32	268,27	R\$ 10.011,68
Remoção de paralelepípedos	m²	R\$ 2,32	506,63	R\$ 1.175,38
Recomposição de paralelepípedos, incluindo base de assentamento	m²	R\$ 30,53	506,63	R\$ 15.467,41
Cadastro e desenho para obras de condutos livres	m	R\$ 0,90	533,29	R\$ 479,96
Vertedor ajustável (estimado)	un	R\$ 900,00	2	R\$ 1.800,00
			TOTAL	R\$ 93.206,36

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Tendo em vista que haverá cobrança de tarifa de esgoto e que os equipamentos e materiais necessários para a implantação da nova rede são de fácil acesso, a estratégia proposta pelo presente trabalho é possível de ser realizada em Garibaldi tanto no âmbito econômico quanto em relação à execução. Além disso, maior volume de esgoto sanitário será tratado e, através da implantação do projeto piloto nas demais áreas da cidade, haverá melhora nas condições do arroio Marrecão.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do custo total obtido pelo orçamento realizado e do número total de economias da área, é possível estimar o tempo de retorno do investimento, sem considerar os custos administrativos da Corsan e custos relativos a manutenções.

Em Caxias do Sul, realiza-se pelo SAMAE cobrança mensal às economias atendidas pelos serviços de coleta, afastamento e tratamento de esgoto. Essa cobrança equivale a 80% do valor do metro cúbico estabelecido pela tarifa mínima de água. Tendo em vista que, atualmente, o valor da tarifa mínima de água (0 a 5 m<sup>3</sup>) é de R\$ 27,30, o valor da tarifa mínima de esgoto sanitário equivale a R\$ 21,84. (CAXIAS DO SUL, 2017).

A tarifa possui como base o consumo de água com medida de escoamento de 80%, sendo que a tarifa mínima de esgotamento sanitário corresponde a 5 m<sup>3</sup> por economia. (CAXIAS DO SUL, 2008). Baseando-se na Lei nº 6.925 de Caxias do Sul, deve haver a criação de uma legislação própria ao município de Garibaldi. No presente trabalho, considerou-se a cobrança da mesma porcentagem de escoamento de água prevista por Caxias do Sul.

Tendo em vista que a área de projeto possui, atualmente, 731 habitantes, estima-se que o valor da implantação é de R\$ 128,12 por habitante. Levando em consideração que, na área, há em torno de 180 lotes, e, em Garibaldi, o valor do metro cúbico de água é de R\$ 5,61 e o valor da tarifa mínima é de R\$ 26,60, estima-se que o valor da tarifa mínima de esgoto seria de R\$ 21,28.

Supondo que todos os lotes da área sejam habitados e que seja cobrado dos mesmos apenas o valor mínimo (R\$ 21,28), em um mês o valor arrecadado seria de R\$ 3.830,40. Portanto, pode-se determinar que em 25 meses de cobrança pelos serviços de coleta, afastamento e tratamento de esgoto, o investimento do projeto piloto seria recuperado, para 20 anos de alcance de projeto.

Na tabela 7 consta a divisão do valor do investimento por metro de rede, por habitante e por lote.

Tabela 7 – Divisão do valor do investimento

Custo total da rede por metro (R\$/m)	R\$ 175,62
Custo total da rede por habitante (R\$/hab)	R\$ 128,12
Custo total da rede por lote (R\$/lote)	R\$ 520,32

Fonte: Elaborada pela autora (2019).

Portanto, conclui-se que o investimento é benéfico para o município, tendo em vista que o esgoto sanitário será tratado e haverá aumento no número de economias atendidas pela rede. Além disso, através da implantação do projeto piloto desenvolvido no presente trabalho, a rede de esgoto de Garibaldi se aproximará do exigido pela legislação brasileira.

Deve haver conscientização da população quanto aos benefícios da implantação da nova rede, para que a ligação das economias a mesma não seja negligenciada por parte dos moradores e para que seja realizado o pagamento das tarifas.

O projeto piloto desenvolvido deve ser implantado nas demais áreas da cidade conforme orçamento disponível, priorizando-se aquelas de maior número de habitantes.

A próxima etapa da transição consiste na implantação da rede coletora de esgoto do sistema separador absoluto em frente às economias, aproveitando a rede dimensionada no presente trabalho de forma integral e desativando os vertedores instalados. Esperas para a ligação das economias à rede separadora devem ser executadas junto ao passeio público e o usuário deve realizar a ligação. A mesma deve ser fiscalizada e, caso a ligação não seja realizada, poderá haver emissão de multas.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12207**: projeto de interceptores de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12208**: projeto de estações elevatórias de esgoto sanitário: procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 12209**: elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 7362-2**: sistemas enterrados para a condução de esgoto. Parte 2: requisitos para tubos de PVC com parede maciça. Rio de Janeiro: ABNT, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9648**: estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário : procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 9649**: projeto de redes coletoras de esgoto sanitário : procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

CAXIAS DO SUL. **Decreto nº 18.349, de 16 de agosto de 2016**. Dispõe sobre o Regulamento dos Serviços de Água e de Esgotamento Sanitário do Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAÉ). Caxias do Sul, RS: Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, 2016. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Pagina/Index/10046>. Acesso em: 26 set. 2019.

CAXIAS DO SUL. **Decreto nº 18.561, de 03 de janeiro de 2017**. Revoga o decreto nº 18.543, de 26 de dezembro de 2016, que estabelece novos valores tarifários, preços dos serviços a serem cobrados pelo Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto (SAMAÉ), valores de contratos de demanda, tarifa social e dá outras providências. Caxias do Sul, RS: Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, 2017. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Pagina/Index/10046>. Acesso em: 01 nov. 2019.

CAXIAS DO SUL. **Lei nº 6.925, de 15 de dezembro de 2008**. Dá nova redação ao art. 2º da lei nº 6.158, de 17 de dezembro de 2003, que trata das tarifas de água e esgoto, e dá outras providências. Caxias do Sul, RS: Prefeitura Municipal de Caxias do Sul, 2008. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Pagina/Index/10046>. Acesso em: 01 nov. 2019.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Caderno de encargos**. Porto Alegre: CORSAN, 2016. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/desenhos>. Acesso em: 11 jun. 2019.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO (CORSAN). **Relatório analítico de composições de custos**. Porto Alegre: CORSAN, 2019. Disponível em: <http://www.corsan.com.br/relatorios-analiticos-2019>. Acesso em: 02 nov. 2019.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (CONSEMA). **Resolução CONSEMA nº 355, de 13 de julho de 2017**. Critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos. Porto Alegre: CONSEMA, 2017. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padroes-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>. Acesso em: 4 set. 2019.

CRESPO, Patricio Gallegos. **Sistema de esgotos**. Belo Horizonte: UFMG, 1997.

DACACH, Nelson Gandur. **Saneamento básico**. 3. ed. Rio de Janeiro: Didática e Científica, 1990.

FENDRICH, R. *et al.* **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4. ed. São Paulo: IBRASA, 1997.

FERNANDES, Carlos. **Esgotos sanitários**. João Pessoa: UFPB, 1997.

GARIBALDI RS. *In*: GOOGLE maps. Mountain View: Google, 2019. Disponível em: <https://maps.google.com.br/maps?hl=pt-BR>. Acesso em: 02 out. 2019.

GARIBALDI. Prefeitura Municipal. **História de Garibaldi**. Garibaldi: Prefeitura Municipal, 2016a. Disponível em: <http://www.garibaldi.rs.gov.br/a-cidade/historia-de-garibaldi/>. Acesso em: 11 jun. 2019.

GARIBALDI. Prefeitura Municipal. **Plano municipal de saneamento básico participativo**. Garibaldi: Prefeitura Municipal, 2016b. Disponível em: <http://www.garibaldi.rs.gov.br/secretarias-e-orgaos/meio-ambiente/plano-municipal-de-saneamento-basico-participativo/>. Acesso em: 25 jun. 2019.

GARIBALDI. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano ambiental municipal: Garibaldi – RS**. Garibaldi: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2011. t. 1. Disponível em: <http://www.garibaldi.rs.gov.br/secretarias-e-orgaos/meio-ambiente/plano-ambiental-de-garibaldi/>. Acesso em: 21 out. 2019.

GARIBALDI. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. **Plano municipal de saneamento básico participativo: Garibaldi – RS**. Garibaldi: Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2012. t. 4. Disponível em: <http://www.garibaldi.rs.gov.br/secretarias-e-orgaos/meio-ambiente/plano-municipal-de-saneamento-basico-participativo/>. Acesso em: 24 jun. 2019.

GEHLING, G.R.; BENETTI, A.D. Aceitabilidade de sistema combinado de esgotos em planos diretores de esgotamento sanitário. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais eletrônicos [...]**. Porto Alegre: ABRHidro, 2005. p. 1-12. Disponível em: [https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=164&SUMARIO=4376&ST=aceitabilidade\\_de\\_sistema\\_combinado\\_de\\_esgotos\\_em\\_planos\\_diretores\\_de\\_esgotamento\\_sanitario](https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=3&ID=164&SUMARIO=4376&ST=aceitabilidade_de_sistema_combinado_de_esgotos_em_planos_diretores_de_esgotamento_sanitario). Acesso em: 10 jun. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Garibaldi, RS:** panorama: população. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/garibaldi/panorama>. Acesso em: 11 jun. 2019.

MARTINS, C. N.; MORAES, P. E. S. Como as cortinas verdes podem mitigar os impactos de uma ETE às populações residentes em seu entorno. **Revista Qualidade Emergente**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 1-16, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/qualidade/article/view/56243/33850>. Acesso em: 13 nov. 2019.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. **Drenagem urbana:** do projeto tradicional à sustentabilidade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

NUVOLARI, A. *et al.* **Esgoto sanitário:** coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola. 2. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Blücher: FATEC, 2011.

PORTO ALEGRE. Departamento de Esgotos Pluviais. **Plano diretor de drenagem urbana:** manual de drenagem urbana. Porto Alegre: Departamento de Esgotos Pluviais, 2005. Disponível em: [http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu\\_doc/manual\\_de\\_drenagem\\_ultima\\_versao.pdf](http://proweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf). Acesso em: 04 jun. 2019.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais:** gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo, 2012. v. 1. Disponível em: [https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/biblioteca\\_digital/manual\\_de\\_drenagem/index.php?p=49018](https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/biblioteca_digital/manual_de_drenagem/index.php?p=49018). Acesso em: 11 jun. 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Diagnóstico do sistema de esgoto sanitário em Caxias do Sul.** Caxias do Sul: SAMAE, 2018. Disponível em: <https://caxias.rs.gov.br/servicos/planejamento/plano-municipal-de-saneamento>. Acesso em: 11 jun. 2019.

SERVIÇO AUTÔNOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO (SAMAE). **Plano Diretor de Esgotamento Sanitário de Caxias do Sul.** Caxias do Sul: SAMAE, 2013. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/view/13002438/plano-diretor-de-esgotamento-sanitario-semasa>. Acesso em: 26 ago. 2019.

SPERLING, Marcos von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v. 1.

SPERLING, Marcos von. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG, 1996. v. 2.

SUITA, Maria do Carmo Antunes. **Análise dos fatores determinantes para a ocorrência de ociosidade das redes de esgoto sanitário no município de Caxias do Sul – RS.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências Ambientais, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ucs.br/xmlui/handle/11338/3829>. Acesso em: 20 set. 2019.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 2000.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

TSUTIYA, M. T.; BUENO, R. C. R. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no estado de São Paulo. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais eletrônicos** [...]. Campo Grande: ABES, set. 2005. p. 1-12. Disponível em: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=38844&indexSearch=ID>. Acesso em: 11 jun. 2019.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. **Drenagem urbana**. Porto Alegre: ABRH: UFRGS, 1995.

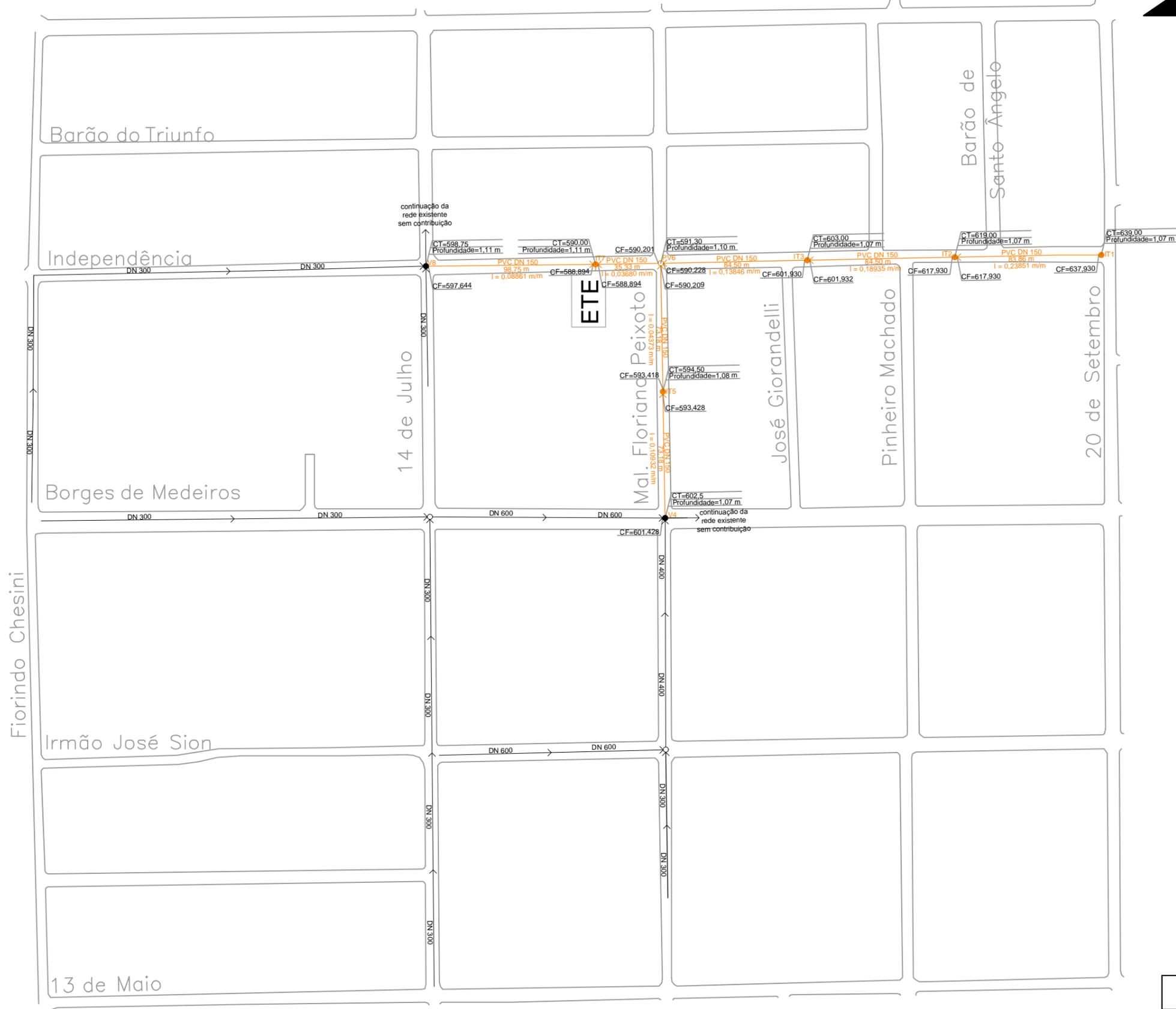
XYLEM. **The complete guide to stormwater management**. North Carolina: Xylem, 2018. Disponível em: <https://www.xylem.com/en-mk/campaigns/act/stormwater-handbook/>. Acesso em: 11 jun. 2019.

ZEMINHANI, M. R.; ROSSI, A. P. Samae orienta para ligação correta na rede de esgoto. *In*: SAMAE. Caxias do Sul, 19 set. 2018. Disponível em: <https://www.samaecaxias.com.br/Noticia/Exibir/43599/samae-orienta-para-ligacao-correta-na-rede-de-esgoto>. Acesso em: 20 set. 2019.

**APÊNDICE A – DIMENSIONAMENTO DA REDE COLETORA SEPARADORA  
ABSOLUTA**



**APÊNDICE B – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA REDE COLETORA DE  
ESGOTO**



LEGENDA

- IT-Inspeção Tubular
- PV-Poço de Visitas
- V-Vertedor
- Rede a implantar
- Rede existente

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS		
REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO		
Aluna: Isadora Sirena Ecker	Professor: Emilio Roberto Wild	
Data: 14/11/2019	Escala: 1/2500	PRANCHA 01

**ANEXO A – MAPA DA REDE DE ESGOTO EXISTENTE**



- TUBULAÇÕES DE ESGOTO
- 0,30 m
  - 0,40 m
  - 0,60 m
  - 1,00 m

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS		
REDE COLETORA DE ESGOTO SANITÁRIO EXISTENTE		
Aluna: Isadora Sirena Eccker	Professor: Emilio Roberto Wild	
Data: 14/11/2019	Escala: 1/2500	PRANCHA 02

**ANEXO B – TABELAS UTILIZADAS NO DIMENSIONAMENTO DA REDE**

Q/Qo	h/D	V/Vo	Q/Qo	h/D	V/Vo	Q/Qo	h/D	V/Vo
0,000	0,010	0,083	0,249	0,340	0,830	0,789	0,670	1,108
0,000	0,015	0,116	0,256	0,345	0,837	0,797	0,675	1,110
0,001	0,020	0,141	0,263	0,350	0,843	0,806	0,680	1,112
0,001	0,025	0,163	0,270	0,355	0,849	0,814	0,685	1,114
0,002	0,030	0,184	0,277	0,360	0,855	0,821	0,690	1,116
0,002	0,035	0,204	0,284	0,365	0,862	0,829	0,695	1,118
0,003	0,040	0,222	0,292	0,370	0,868	0,837	0,700	1,120
0,004	0,045	0,240	0,299	0,375	0,873	0,845	0,705	1,121
0,005	0,050	0,257	0,307	0,380	0,879	0,853	0,710	1,123
0,006	0,055	0,273	0,314	0,385	0,885	0,860	0,715	1,125
0,007	0,060	0,289	0,322	0,390	0,891	0,868	0,720	1,126
0,008	0,065	0,305	0,329	0,395	0,897	0,875	0,725	1,128
0,010	0,070	0,319	0,337	0,400	0,902	0,883	0,730	1,129
0,011	0,075	0,334	0,343	0,405	0,908	0,890	0,735	1,130
0,013	0,080	0,346	0,353	0,410	0,913	0,898	0,740	1,131
0,015	0,085	0,362	0,360	0,415	0,919	0,905	0,745	1,132
0,017	0,090	0,375	0,368	0,420	0,924	0,912	0,750	1,133
0,019	0,095	0,388	0,376	0,425	0,929	0,919	0,755	1,134
0,021	0,100	0,401	0,384	0,430	0,934	0,926	0,760	1,135
0,023	0,105	0,414	0,392	0,435	0,939	0,933	0,765	1,136
0,025	0,110	0,426	0,400	0,440	0,944	0,939	0,770	1,137
0,028	0,115	0,438	0,408	0,445	0,949	0,946	0,775	1,138
0,031	0,120	0,450	0,417	0,450	0,954	0,953	0,780	1,138
0,033	0,125	0,462	0,425	0,455	0,959	0,959	0,785	1,139
0,036	0,130	0,473	0,433	0,460	0,964	0,965	0,790	1,139
0,039	0,135	0,484	0,441	0,465	0,969	0,971	0,795	1,139
0,042	0,140	0,495	0,450	0,470	0,973	0,977	0,800	1,140
0,045	0,145	0,506	0,458	0,475	0,978	0,983	0,805	1,140
0,049	0,150	0,517	0,466	0,480	0,983	0,989	0,810	1,140
0,052	0,155	0,527	0,475	0,485	0,987	0,995	0,815	1,140
0,056	0,160	0,538	0,483	0,490	0,991	1,000	0,820	1,140
0,059	0,165	0,548	0,492	0,495	0,996	1,006	0,825	1,140
0,063	0,170	0,550	0,500	0,500	1,000	1,011	0,830	1,139
0,067	0,175	0,568	0,508	0,505	1,004	1,016	0,835	1,139
0,071	0,180	0,577	0,517	0,510	1,008	1,021	0,840	1,139
0,075	0,185	0,587	0,526	0,515	1,012	1,026	0,845	1,138
0,079	0,190	0,597	0,534	0,520	1,016	1,030	0,850	1,137
0,083	0,195	0,606	0,543	0,525	1,020	1,035	0,855	1,137
0,088	0,200	0,615	0,551	0,530	1,024	1,039	0,860	1,136
0,092	0,205	0,624	0,560	0,535	1,028	1,043	0,865	1,135
0,097	0,210	0,633	0,568	0,540	1,032	1,047	0,870	1,134
0,101	0,215	0,642	0,577	0,545	1,036	1,051	0,875	1,132
0,106	0,220	0,651	0,586	0,550	1,039	1,054	0,880	1,131
0,111	0,225	0,659	0,594	0,555	1,043	1,057	0,885	1,130
0,116	0,230	0,668	0,603	0,560	1,046	1,060	0,890	1,128
0,121	0,235	0,676	0,612	0,565	1,050	1,063	0,895	1,126
0,126	0,240	0,684	0,620	0,570	1,053	1,066	0,900	1,124
0,132	0,245	0,693	0,629	0,575	1,057	1,068	0,905	1,122
0,137	0,250	0,701	0,637	0,580	1,060	1,070	0,910	1,120
0,142	0,255	0,709	0,646	0,585	1,063	1,072	0,915	1,116
0,148	0,260	0,717	0,655	0,590	1,066	1,073	0,920	1,115
0,154	0,265	0,724	0,663	0,595	1,069	1,074	0,925	1,112
0,159	0,270	0,732	0,672	0,600	1,072	1,075	0,930	1,109
0,165	0,275	0,740	0,680	0,605	1,075	1,076	0,935	1,106
0,171	0,280	0,747	0,689	0,610	1,078	1,076	0,940	1,103
0,177	0,285	0,754	0,697	0,615	1,081	1,075	0,945	1,099
0,183	0,290	0,762	0,706	0,620	1,084	1,075	0,950	1,095
0,190	0,295	0,769	0,714	0,625	1,087	1,073	0,955	1,091
0,196	0,300	0,776	0,723	0,630	1,089	1,071	0,960	1,086
0,202	0,305	0,783	0,731	0,635	1,092	1,069	0,965	1,081
0,209	0,310	0,790	0,740	0,640	1,094	1,066	0,970	1,075
0,215	0,315	0,797	0,748	0,645	1,097	1,062	0,975	1,069
0,222	0,320	0,804	0,756	0,650	1,099	1,057	0,980	1,062
0,228	0,325	0,811	0,765	0,655	1,102	1,050	0,985	1,054
0,235	0,330	0,817	0,773	0,660	1,104	1,042	0,990	1,044
0,242	0,335	0,824	0,781	0,665	1,106	1,030	0,995	1,031
						1,000	1,000	1,000

h/D	R/D	h/D	R/D
0,01	0,0066	0,51	0,2531
0,02	0,0132	0,52	0,2561
0,03	0,0197	0,53	0,2591
0,04	0,0262	0,54	0,2620
0,05	0,0326	0,55	0,2649
0,06	0,0389	0,56	0,2676
0,07	0,0451	0,57	0,2703
0,08	0,0513	0,58	0,2728
0,09	0,0574	0,59	0,2753
0,10	0,0635	0,60	0,2776
0,11	0,0695	0,61	0,2797
0,12	0,0754	0,62	0,2818
0,13	0,0713	0,63	0,2839
0,14	0,0871	0,64	0,2860
0,15	0,0929	0,65	0,2881
0,16	0,0986	0,66	0,2899
0,17	0,1042	0,67	0,2917
0,18	0,1097	0,68	0,2935
0,19	0,1152	0,69	0,2950
0,20	0,1206	0,70	0,3962
0,21	0,1259	0,71	0,2973
0,22	0,1312	0,72	0,2984
0,23	0,1364	0,73	0,2995
0,24	0,1416	0,74	0,3006
0,25	0,1466	0,75	0,3017
0,26	0,1516	0,76	0,3025
0,27	0,1566	0,77	0,3032
0,28	0,1614	0,78	0,3037
0,29	0,1662	0,79	0,3040
0,30	0,1709	0,80	0,3042
0,31	0,1775	0,81	0,3044
0,32	0,1801	0,82	0,3043
0,33	0,1848	0,83	0,3041
0,34	0,1891	0,84	0,3038
0,35	0,1935	0,85	0,3033
0,36	0,1978	0,86	0,3026
0,37	0,2020	0,87	0,3017
0,38	0,2061	0,88	0,3008
0,39	0,2102	0,89	0,2996
0,40	0,2142	0,90	0,2980
0,41	0,2181	0,91	0,2963
0,42	0,2220	0,92	0,2944
0,43	0,2257	0,93	0,2922
0,44	0,2294	0,94	0,2896
0,45	0,2331	0,95	0,2864
0,46	0,2366	0,96	0,2830
0,47	0,2400	0,97	0,2787
0,48	0,2434	0,98	0,2735
0,49	0,2467	0,99	0,2665
0,50	0,2500	1,00	0,2500