

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**Marina Muner Zilio**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE REDES MISTAS  
TRANSITORIAMENTE COMO ALTERNATIVA PARA UMA  
MELHOR E MAIS ORGANIZADA UNIVERSALIZAÇÃO DO  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM PORTO ALEGRE/RS.**

Porto Alegre

Julho 2017

**MARINA MUNER ZILIO**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE REDES MISTAS  
TRANSITORIAMENTE COMO ALTERNATIVA PARA UMA  
MELHOR E MAIS ORGANIZADA UNIVERSALIZAÇÃO DO  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM PORTO ALEGRE/RS.**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal  
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do  
título de Engenheiro Civil

**Orientador: Dieter Wartchow**

Porto Alegre

Julho 2017

**MARINA MUNER ZILIO**

**ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE REDES MISTAS  
TRANSITORIAMENTE COMO ALTERNATIVA PARA UMA  
MELHOR E MAIS ORGANIZADA UNIVERSALIZAÇÃO DO  
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM PORTO ALEGRE/RS.**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo/a Professor/a Orientador.

Porto Alegre, julho de 2017

Prof. Dieter Wartchow  
Dr. pela Universidade de Stuttgart  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Fernando Dornelles (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade Federal Do Rio Grande do Sul

**Eng. Marília De Marco Brum (FURG)**  
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande

**Eng. Isis dos Santos Lima Miranda (DMAE)**  
Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Dieter Wartchow (UFRGS)**  
Dr. pela Universidade de Stuttgart

Dedico este trabalho aos meus pais, Airton e Rosemari,  
por sua capacidade de acreditar e investir em mim e por  
todo o apoio que me foi dado, especialmente durante o  
período do meu Curso de Graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Para concluir minha graduação e realizar este trabalho, o auxílio e motivação de diversas pessoas foi imprescindível. Transmito aqui meus sinceros agradecimentos:

Aos meus pais, Airton e Rose e meus irmãos Diego e Tiago pela confiança depositada em mim e apoio incondicional sem os quais nada disso teria sido possível.

Ao professor Dieter Wartchow que, além de propor o tema deste trabalho, me orientou e possibilitou a realização do mesmo e ao professor Fernando Dornelles pelo excelente trabalho de correção. Também à Marília e à equipe da SAMAE pelo acompanhamento e organização da visita técnica, a qual foi de grande ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Ao Tiago Wagner Dada e Caetano Oliveira, primeiros amigos que fiz no curso que me acompanharam até o último semestre e ao Otávio Passaia, cuja amizade e apoio foram essenciais para que eu conseguisse superar os desafios acadêmicos.

Ao Guilherme Borges Masuero, Laura Andreis e Vinícius Pedrollo, pelo apoio, ajuda e amizade principalmente durante o período de intercâmbio.

À Patrícia Machado, Elisa Sobiesiak, Thiago Martins e Samuel Machado, pessoas com quem tive o prazer de dividir grande parte do meu tempo durante a graduação, que me ajudaram a manter o equilíbrio em tempos difíceis e também estiveram ao meu lado em momentos inesquecíveis.

E finalmente, aos grandes amigos que fiz no meu período de estágio no DMAE, Renato Fanaya, Marta Berlato Klemm, Natal Antonini e em especial à minha supervisora Isis dos Santos Lima Miranda, pela paciência e conhecimento passado que foram de grande ajuda no desenvolvimento deste trabalho e serão certamente fundamentais em minha vida profissional.

A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar,  
não seremos capazes de resolver os problemas causados  
pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Conforme aumentam os índices de poluição, a preocupação com a qualidade e escassez dos recursos naturais se faz cada vez mais presente, o que alerta também para a necessidade de tratamento da água após sua utilização para diversos fins. Nesse âmbito, aumenta também a necessidade de determinação da melhor maneira de alcançar a universalização do esgotamento sanitário, destinando os efluentes para tratamento e evitando ao máximo o despejo dos mesmos *in natura* nos corpos receptores. Analisando a situação atual de esgotamento no Brasil, percebe-se que os sistemas não funcionam da maneira que deveriam, não tendo todo seu potencial utilizado e, por vezes, desperdiçando recursos. Este trabalho visa analisar a situação atual do esgotamento sanitário e drenagem pluvial no município de Porto Alegre – RS. Posteriormente, será abordada a sugestão de utilização de redes de esgotamento combinado como solução de cunho temporário, até a implantação de um sistema separador absoluto. Para a análise foram identificados quais os Sistemas de Esgotamento com maior porcentagem de não adesão de ramais a redes cloacais existentes e maior porcentagem de ramais ligados à rede pluvial, analisando também quais os principais motivos que levam estes ramais a não serem ligados e soluções usuais para tratar os efluentes dos mesmos. Foram abordados ainda diversos aspectos relacionados à utilização da tecnologia promovida. Acredita-se que a tecnologia abordada seja capaz de facilitar a universalização do esgotamento sanitário no município, arrecadando fundos e ganhando tempo para que seja melhor estudada a concepção de redes separadoras absolutas, fazendo com que estas tenham melhor funcionamento posteriormente. Ainda, acredita-se que por meio da utilização de desvios em redes pluviais pode-se diminuir expressivamente a concentração de poluentes lançada nos corpos receptores sem tratamento, contribuindo para a recuperação e promovendo melhorias na qualidade dos mesmos.

Palavras-chave: Sistemas de Esgotamento, Técnicas Alternativas, Esgoto Sanitário, Esgoto Unitário, Esgoto Combinado.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Fluxograma de Delineamento da Pesquisa .....  | 20 |
| Figura 2 – Representação do Sistema Separador Absoluto .....   | 27 |
| Figura 3 – Detalhamento em corte do Sistema Separador Absoluto .....   | 27 |
| Figura 4 – Representação do Sistema Unitário Tradicional .....   | 29 |
| Figura 5 – Detalhamento em corte do Sistema Combinado .....  | 29 |
| Figura 6 – Componentes de um Sistema de Esgotamento Unitário .....   | 30 |
| Figura 7 – Variação da vazão em tempo seco e úmido em um sistema unitário .....                              | 31 |
| Figura 8 – Fluxograma para auxílio na escolha de Sistemas de Esgotamento .....                               | 36 |
| Figura 9 – Sistemas de Esgotamento Sanitário em Porto Alegre .....   | 37 |
| Figura 10 – Ramais de Esgoto em Porto Alegre por Tipo de Rede .....  | 38 |
| Figura 11 – Extensão das Redes de Esgotamento Pluvial e Cloacal em Porto Alegre.....                         | 40 |
| Figura 12 – Esquema de Sistema de Esgoto Sanitário .....   | 45 |
| Figura 13 – Gráfico representando os Ramais por Tarifa .....   | 49 |
| Figura 14 – Ramais Tarifa 3 e Redes de Esgoto Cloacal no SES Sarandi .....                                   | 50 |
| Figura 15 – Ramais Tarifa 3 e Redes de Esgoto Cloacal no SES Navegantes.....                                 | 51 |
| Figura 16 – Ramais Tarifa 3 e Redes de Esgoto Cloacal no SES Cavallhada.....                                 | 52 |
| Figura 17 – Prováveis motivos pelos quais as ligações não foram efetuadas em uma região de Porto Alegre..... | 54 |
| Figura 18 – Ramais não ligados por provável inviabilidade topográfica .....                                  | 55 |
| Figura 19 – Perfis de Terreno .....  | 55 |
| Figura 20 – Exemplo de prováveis ramais não ligados devido a interferências externas. ....                   | 56 |
| Figura 21 – Cadastro de redes pluviais na região .....   | 57 |
| Figura 22 – Cadastro de rede cloacal na região.....  | 57 |
| Figura 23 – Esquema demonstrando o funcionamento de um dispositivo de interceptação ....                     | 61 |
| Figura 24 – Vista interna do Poço de Visita onde ocorre a interceptação.....                                 | 62 |



|  |    |
|--|----|
| Figura 25 – Vista interna do Poço de Visita logo após a interceptação .....                          | 62 |
| Figura 26 – Caixa Limitadora de Vazão com conduto Extravasor na entrada de ETE em Caxias do Sul..... | 64 |
| Figura 27 – Esquema Demonstrativo de Caixa Limitadora de Vazão na Entrada de uma ETE .....           | 64 |
| Figura 28 – Caixa Ecológica para Esgotos .....   | 66 |

## **LISTA DE QUADROS**

|  |    |
|--|----|
| Quadro 1 – Vazões máximas afluentes às ETEs durante períodos chuvosos..... | 32 |
| Quadro 2 – Dados Gerais de Esgotamento Sanitário .....                     | 38 |

## **LISTA DE TABELAS**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Análise de ramais Tarifa 3 por SES.....  | 48 |
| Tabela 2 – Análise de ramais Tarifa 3 passíveis de ligação em cloacal por SES.....                    | 49 |
| Tabela 3 – Soluções para ligação a rede ou destinação dos efluentes em localidades problemáticas..... | 59 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

SES – Sistema de Esgotamento Sanitário

Qts – Vazão de Tempo Seco

Qi – Vazão de Infiltração

SS – Sólidos Suspensos

DBO5 – Demanda Bioquímica de Oxigênio

PV – Poço de Visita

CAC – Caixa Adicional de Calçada

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos

DEP – Departamento de Esgotos Pluviais

## LISTA DE SÍMBOLOS

Q – vazão

m<sup>3</sup>/s – metros cúbicos por segundo

Q<sub>s</sub> – vazão de esgoto sanitário

k – fator de diluição do esgoto

k<sub>1</sub> – coeficiente de máxima vazão diária

k<sub>2</sub> – coeficiente de máxima vazão horária

P – população atendida

hab – habitantes

q – consumo de água per capita

L/hab.dia – litros por habitante em um dia

c – coeficiente de retorno de águas servidas

Q<sub>p</sub> – vazão pluvial máxima

C – coeficiente de escoamento superficial

i – intensidade de precipitação

mm/h – milímetros por hora

A – área da bacia

km<sup>2</sup> – quilômetros quadrados

D – diâmetro do tubo

m – metros

Q – vazão a escoar pelo tubo

K – coeficiente de Strickler-Manning

I – inclinação do trecho

L/s – litros por segundo

## SUMÁRIO

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>16</b> |
| <b>2</b> | <b>DIRETRIZES DA PESQUISA.....</b>                             | <b>18</b> |
| 2.1      | QUESTÕES DE PESQUISA.....                                      | 18        |
| 2.2      | OBJETIVOS DO TRABALHO .....                                    | 18        |
| 2.2.1    | <i>Objetivo principal.....</i>                                 | <i>18</i> |
| 2.2.2    | <i>Objetivos secundários .....</i>                             | <i>18</i> |
| 2.3      | PRESSUPOSTO .....  | 19        |
| 2.4      | PREMISSAS.....   | 19        |
| 2.5      | DELIMITAÇÕES .....   | 19        |
| 2.6      | LIMITAÇÕES .....   | 19        |
| 2.7      | DELINEAMENTO .....   | 20        |
| <b>3</b> | <b>SANEAMENTO BÁSICO .....</b>                                 | <b>22</b> |
| <b>4</b> | <b>CONCEPÇÃO DE REDES DE ESGOTO .....</b>                      | <b>24</b> |
| <b>5</b> | <b>TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO .....</b>                  | <b>26</b> |
| 5.1      | SISTEMA DE ESGOTO SEPARADOR ABSOLUTO .....                     | 26        |
| 5.2      | SISTEMA DE ESGOTO UNITÁRIO OU COMBINADO .....                  | 28        |
| 5.3      | SISTEMA MISTO .....  | 33        |
| 5.4      | ESCOLHA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO.....                         | 35        |
| <b>6</b> | <b>ESGOTAMENTO E DRENAGEM URBANA EM PORTO ALEGRE .....</b>     | <b>36</b> |
| 6.1      | SANEAMENTO BÁSICO EM PORTO ALEGRE .....                        | 36        |
| 6.2      | ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS .....                                      | 39        |
| 6.3      | SISTEMA DE TARIFAÇÃO.....                                      | 40        |
| 6.4      | CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE COLETORES DE ESGOTO.....        | 41        |
| 6.4.1    | <i>Coletores de Esgoto Sanitário.....</i>                      | <i>41</i> |
| 6.4.2    | <i>Coletores de Esgoto Pluvial .....</i>                       | <i>45</i> |
| <b>7</b> | <b>ANÁLISE DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO EM PORTO ALEGRE .....</b> | <b>47</b> |
| <b>8</b> | <b>MOTIVOS PARA NÃO ADESÃO À REDE CLOACAL .....</b>            | <b>53</b> |
| 8.1      | INVIABILIDADE TOPOGRÁFICA.....                                 | 54        |
| 8.2      | INTERFERÊNCIA NÃO PREVISTA .....                               | 56        |
| 8.3      | SOLUÇÕES USUAIS .....  | 58        |
| <b>9</b> | <b>INTERCEPTOR E ESTRUTURAS DE DESVIO .....</b>                | <b>60</b> |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| <b>10</b> | <b>ASPECTOS A OBSERVAR NA UTILIZAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA</b> |           |
|           | <b>63</b>  |           |
| 10.1      | LIMITAÇÃO DA VAZÃO DE CHEGADA NAS ETES .....                 | 63        |
| 10.2      | GRADEAMENTO NA SAÍDA PARA A REDE PLUVIAL .....               | 65        |
| 10.3      | ADEQUAÇÃO DE BOCAS DE LOBO E DEMAIS SINGULARIDADES.....      | 65        |
| <b>11</b> | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                             | <b>67</b> |
| <b>12</b> | <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>                                    | <b>69</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico caracteriza-se por um conjunto de medidas que visam garantir a saúde e o bem-estar da população, estando entre elas: a coleta, o tratamento de esgoto sanitário e o manejo de águas pluviais. Pode-se categorizar o esgoto em esgoto cloacal, proveniente das residências, e esgoto pluvial, constituído pelas águas de precipitações. A coleta destes tipos de esgoto pode ser pela mesma canalização, caracterizando um sistema unitário, ou em canalizações distintas, caracterizando um sistema separador absoluto.

Atualmente, a maioria das cidades já possui redes de drenagem urbana, porém, segundo informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2015), no Brasil o índice de atendimento com redes de esgoto cloacal é de apenas 50,3%. Nota-se, assim, que ainda existe um longo caminho a ser percorrido para que toda a população possa desfrutar desses serviços e que uma grande parte da água que é distribuída à população é devolvida ao meio ambiente sem o devido tratamento, servindo como veículo de transporte de impurezas e vetor de doenças.

No Brasil, são utilizados com frequência sistemas do tipo separador absoluto, no qual o esgoto cloacal é coletado separadamente do pluvial, sendo o primeiro destinado a estações de tratamento e o segundo destinado diretamente aos mananciais. Mesmo que a alternativa de um sistema separador absoluto seja a mais adequada à primeira vista, por vezes surgem problemas em sua implantação que levam o sistema pluvial a continuar recebendo descargas cloacais por meio de ligações inadequadas, que acabam sendo despejadas diretamente nos corpos hídricos sem receber tratamento. Não se pode esquecer ainda que, com a taxa atual de urbanização e a falta de limpeza urbana adequada as descargas pluviais podem carregar alta concentração de poluentes adquiridos em seu percurso pelas vias até os mananciais.

Através disso, fica evidente a importância de analisar qual a forma mais adequada e eficiente de realizar a coleta de esgoto, sendo esta análise apresentada na forma de Planos de Saneamento Básico, os quais organizam as etapas e objetivos na implantação, planejando de que forma e em que prazos os mesmos devem ser alcançados.



Em Porto Alegre, grande parte da população já tem acesso à coleta de esgoto. Porém, embora seja priorizada a utilização de sistemas de esgotamento separadores absolutos, nas áreas onde inexitem é permitida a coleta por sistema misto de forma temporária. Para a coleta mista é exigida a instalação de fossa séptica e algumas vezes filtro antes da ligação do esgoto doméstico no coletor pluvial. Porém, muitas vezes a manutenção desse sistema, que fica ao encargo do proprietário do imóvel, não é realizada com a devida frequência e assim o esgoto acaba sendo despejado nos recursos hídricos sem tratamento algum.

Quando utilizada corretamente, a coleta mista traz benefícios ambientais, operacionais e financeiros, sendo a mesma amplamente utilizada em diversos países. O método necessita menos investimento em comparação ao sistema separador absoluto por se utilizar da infraestrutura já existente, viabiliza a cobrança de tarifa a fim de arrecadar recursos para a posterior separação de redes, possibilita o tratamento da parcela mais poluída das descargas pluviais e pode combater alagamentos se aliado à detenção da água de chuva. Porém, como o volume de esgoto misto é muito grande em períodos chuvosos é inviável realizar o tratamento de toda sua vazão, sendo necessário desviar uma parcela para tratamento e extravasar o restante diretamente nos corpos hídricos. Em períodos de tempo seco, a vazão que é desviada para tratamento corresponde à vazão proveniente das residências e a vazão extravasada sem tratamento é nula ou muito menor.

Em Porto Alegre, como as ligações em redes pluviais não são priorizadas e se exige a utilização de fossa séptica e filtro não é prevista a separação desta vazão para tratamento. Entretanto, mesmo sendo exigida a manutenção destas estruturas de tratamento individuais não existe garantia de que ela seja feita com a devida frequência.

Este trabalho irá apresentar um panorama da situação atual de esgotamento em Porto Alegre, atentando para ligações indevidas e áreas ainda sem esgotamento cloacal. Serão levantados alguns motivos pelos quais as ligações não foram executadas e será proposta como solução a utilização das redes pluviais existentes como mistas temporariamente.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

A seguir são listadas as diretrizes utilizadas para elaboração deste Projeto de Pesquisa.

### **2.1 QUESTÕES DE PESQUISA**

É possível alcançar a universalização do esgotamento mais rapidamente utilizando a infraestrutura pluvial existente como mista e desviando uma parcela destes despejos? Quais os motivos que impossibilitam ou inviabilizam a ligação de algumas residências na rede cloacal, fazendo com que as mesmas permaneçam ligadas na rede pluvial?

### **2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Os objetivos deste trabalho são apresentados nos próximos itens, divididos em principal e secundários.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O Objetivo principal deste trabalho é estudar os benefícios da utilização de redes de esgotamento pluvial como redes mistas com estruturas de desvio para redirecionar a carga de esgoto cloacal que escoam pelas mesmas devido à inviabilidade de ligação de alguns ramais por diversos motivos.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) levantar motivos pelos quais a ligação de alguns ramais em rede cloacal não é realizada no município de Porto Alegre em locais onde é implantada a rede;
- b) promover a tecnologia e incentivar a sua utilização como alternativa transitória para a coleta e tratamento de esgotos;
- c) apontar os principais aspectos que devem ser observados na utilização da tecnologia.

- d) apresentar um panorama dos sistemas de esgotamento de Porto Alegre e proferir reflexões a respeito da sua possível melhoria;

## 2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a universalização do acesso ao esgoto sanitário pode ser alcançada de forma mais eficiente e organizada se utilizadas redes de esgoto unitárias transitórias, as quais são previstas pela legislação, e que é possível a utilização das mesmas em Porto Alegre.

## 2.4 PREMISAS

A principal premissa do presente trabalho é a necessidade de estudo de diferentes soluções para a coleta do esgoto sanitário, visto que atualmente algumas das soluções adotadas acabam por não ter um funcionamento adequado, não trazendo os resultados esperados.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se ao estudo de normativas e pesquisas existentes sobre o assunto, não sendo realizados experimentos. As análises foram realizadas utilizando apenas informações cadastrais, sem levantamentos ou vistorias de campo.

## 2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho:

- a) seu caráter estritamente teórico, não sendo produzidos dados experimentais;
- b) incerteza sobre a correspondência entre os dados cadastrais e a situação real;

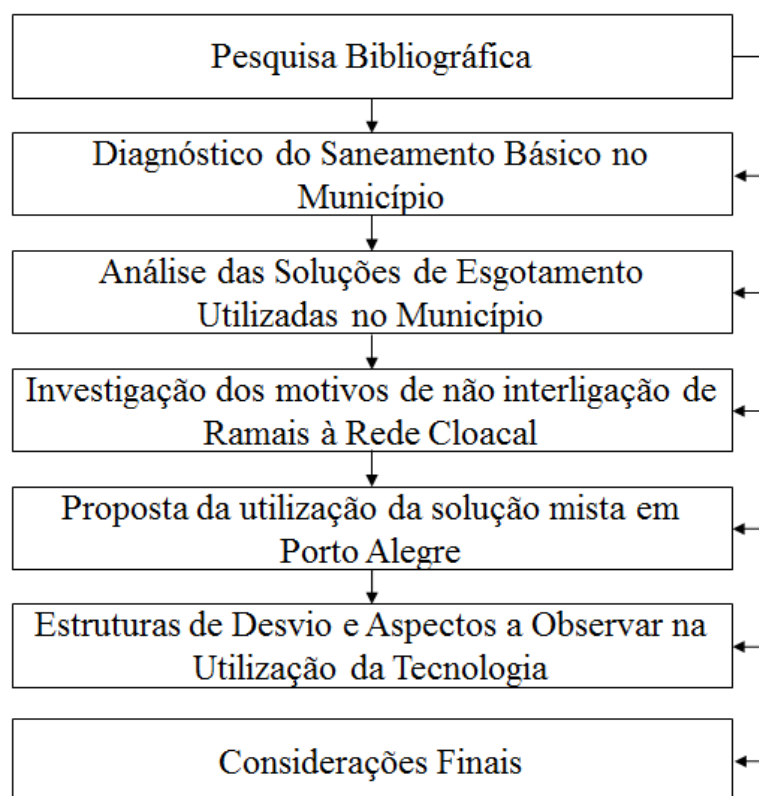
## 2.7 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) análise das soluções de esgotamento utilizadas no município;
- c) diagnóstico do Saneamento Básico em Porto Alegre;
- d) investigação dos motivos da não adesão de ramais às redes cloacais;
- e) sugestões para a utilização da solução mista em Porto Alegre;
- f) aspectos a considerar na utilização da solução mista;
- g) considerações finais.

A sequência das etapas pode ser visualizada pelo diagrama esquematizado na figura 1.

Figura 1 – Fluxograma de Delineamento da Pesquisa



(fonte: elaborada pela autora)

A **pesquisa bibliográfica** será realizada ao longo de todo o trabalho, porém de maneira mais intensa no período inicial. Para tal, será utilizada uma vasta bibliografia incluindo livros, artigos científicos, teses e dissertações para que por meio das informações obtidas seja possível desenvolver o embasamento teórico necessário.

Após, será feito o **diagnóstico do Saneamento Básico no Município**, dando ênfase para a área de redes de esgotamento. Será primeiramente introduzido o conceito e abrangência do saneamento básico, através de seu histórico, sua influência e das principais medidas que ele compreende. Após, será estudada a lei referente ao assunto no Brasil e em seguida será ressaltada a importância do esgotamento sanitário dentre os serviços de saneamento básico analisando-se os índices dos mesmos.

Na etapa de **análise das soluções de esgotamento utilizadas no município** serão mostradas quais as soluções de esgotamento mais utilizadas no Brasil e em Porto Alegre, abordando o porquê de tais escolhas e também a questão do funcionamento teórico e funcionamento real de cada tipo de instalação. Para isso, a pesquisa bibliográfica se utilizará também das normas brasileiras de esgotamento sanitário e normas técnicas dos órgãos responsáveis pelo esgotamento sanitário além dos demais materiais de pesquisa.

Depois, será realizado o **estudo da situação atual de esgotamento do município**. Serão utilizados dados georreferenciados do cadastro de redes cloacais e pluviais e de ramais divididos por tarifa além de dados de projeto de esgoto cloacal e pluvial. Os dados serão manipulados através de software de geoprocessamento a fim de selecionar apenas ramais próximos à rede cloacal. Após, será feita uma **investigação de motivos pelos quais as ligações não são realizadas**, apontando soluções usuais para efetuar a ligação no cloacal.

Após, será **proposta a utilização de soluções mistas temporárias**, refletindo sobre os benefícios de sua utilização e fatores a serem considerados, além de apresentar também sugestões para **estruturas de desvio** a utilizar e aspectos de seu funcionamento. Serão também apontados alguns **aspectos a observar na utilização da tecnologia abordada**. Depois de realizados os procedimentos serão feitas as **considerações finais** do trabalho.

### 3 SANEAMENTO BÁSICO

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), as primeiras menções relativas a sistemas de esgotamento consideram a Cloaca Máxima o primeiro sistema de esgotamento planejado e implantado mundialmente, recebendo parte dos esgotos domésticos de Roma e também realizando a drenagem superficial da área, o que foi crucial no controle de doenças. Conforme se deu o desenvolvimento desses sistemas (que primeiramente foram construídos apenas para a coleta de águas pluviais) em outras cidades, foi autorizada sua utilização para o lançamento de efluentes domésticos e posteriormente o lançamento das águas servidas das habitações nas galerias públicas tornou-se obrigatório.

Os sistemas que recebiam tanto contribuições pluviais quanto domésticas e industriais receberam a denominação de sistema unitário de esgotamento e então foram sendo implantados em diversas cidades mundo afora. O sistema unitário funcionava bem em regiões frias, subtropicais e com baixos índices de chuvas, em cidades com alto nível de pavimentação e bom nível econômico, porém conforme cada localidade apresentava diferentes características econômicas e ambientais, modificou-se o sistema unitário, surgindo assim o sistema separador parcial, no qual há separação incompleta entre as águas pluviais e esgotos domésticos e posteriormente o sistema separador absoluto no qual tal separação é total (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000).

No Brasil, a Lei Federal n. 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece as diretrizes para o saneamento básico, considera o mesmo como um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem e controle das águas pluviais, incluindo também a limpeza e fiscalização preventiva das redes de drenagem. De acordo com a mesma, tais serviços deverão ser prestados segundo os seguintes princípios básicos:

- a. Universalização do acesso;
- b. Integralidade dos serviços, garantindo à população o acesso a todos os componentes de cada um dos serviços conforme suas necessidades;
- c. Serviços prestados de acordo com a saúde pública e visando proteger o meio ambiente;

- d. Disponibilidade de serviços de drenagem e gerenciamento das águas pluviais, assim como dos serviços de fiscalização e manutenção preventiva de tais redes para as áreas urbanas em sua totalidade;
- e. Consideração das características locais e regionais nos serviços;
- f. Articulação com políticas públicas de relevante interesse social que estejam voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja um fator determinante;
- g. Eficiência e sustentabilidade econômica;
- h. Utilização de tecnologias adequadas, levando em consideração a capacidade de pagamento dos usuários e a utilização de soluções graduais e progressivas;
- i. Ações transparentes, baseadas em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados
- j. Controle social;
- k. Segurança, qualidade e regularidade;
- l. Integração entre os serviços e infraestruturas e o controle eficiente de recursos hídricos;
- m. Adoção de medidas de incentivo à moderação do consumo de água.

Segundo o SNIS (2015), no Brasil ainda há um grande déficit no atendimento à população com sistemas de esgotamento sanitário. No total, enquanto 83,3% dos municípios são atendidos com rede de água, apenas 50,3% possuem rede de coleta de esgotos. Além disso, dos esgotos gerados, estima-se que apenas 42,7% recebem tratamento.

Internacionalmente, o Brasil se encontra atrasado na área de saneamento, não apenas em comparação com nações mais economicamente desenvolvidas, mas também se comparado a nações com mesmo nível de desenvolvimento econômico ou até com níveis menores. Em relação à América do Sul, o país também se encontra abaixo da média, não apenas por ter níveis inferiores de cobertura, mas principalmente por apresentar um ritmo de expansão menor que o dos outros países (EX ANTE, 2014).

Nas últimas décadas houve um crescimento populacional acelerado no Brasil, o que acarretou em processos inadequados de urbanização nas grandes metrópoles e áreas adjacentes, trazendo consequências negativas, como o comprometimento de sua sustentabilidade hídrica. Segundo Tucci (2002), é necessário o desenvolvimento de infraestrutura adequada de

saneamento básico para que se consiga uma urbanização adequada. Porém, na maioria dos países em desenvolvimento ainda existem muitos problemas relacionados, principalmente, à falta de coleta e tratamento dos esgotos sanitários.

De acordo com a Fundação Getúlio Vargas (2009), analisando-se a abrangência do conceito de saneamento básico, o nível de cobertura de redes de esgoto ainda se encontra muito abaixo dos demais serviços públicos como água, energia elétrica e manejo de resíduos sólidos, mesmo nas grandes metrópoles, deixando claro o porquê é necessário priorizar investimentos na área de saneamento e otimizar os serviços a fim de alcançar desempenho semelhante aos indicadores dos outros serviços.

Avaliando-se as práticas utilizadas, nota-se que o planejamento e concepção dos sistemas seguem o modelo de países desenvolvidos, não sendo consideradas as condições e necessidades reais de cada local, assim, como resultado têm-se um mau funcionamento e baixo retorno dos investimentos. Além disso, a falta de gerenciamento adequado, o grande custo dos projetos, o mau desempenho e a falta de manutenção de tais sistemas também contribuem para a formação de um sistema de saneamento de baixa qualidade, TUCCI (2002 *apud* Wright 1997).

#### **4 CONCEPÇÃO DE REDES DE ESGOTO**

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), a concepção das redes de esgoto, elaborada na fase inicial de projetos, é entendida como o conjunto de análise e conclusões a respeito das diretrizes, definições e parâmetros para a realização do mesmo. Os objetivos são identificar e quantificar todos os fatores que possam intervir com o sistema de esgotamento, diagnosticar o sistema existente (se houver) considerando a situação atual e futura, estabelecer todos os parâmetros básicos de projeto e pré-dimensionar as unidades dos sistemas. Além disso, por meio da concepção é possível escolher a alternativa mais adequada, por meio de comparações entre as possíveis alternativas.

Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 5), as partes de um sistema de esgoto que devem ser abordadas na concepção são:

- a) rede coletora: conjunto de canalizações destinadas a receber e conduzir os esgotos dos edifícios; o sistema de esgotos predial se liga diretamente à rede coletora por uma tubulação chamada coletor predial. A rede coletora é composta de



coletores secundários, que recebem diretamente as ligações prediais, e, coletores tronco. O coletor tronco é o coletor principal de uma bacia de drenagem, que recebe a contribuição dos coletores secundários, conduzindo seus efluentes a um interceptor ou emissário.

- b) interceptor: canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas;
- c) emissário: canalização destinada a conduzir os esgotos a um destino conveniente (estação de tratamento e/ou lançamento) sem receber contribuições em marcha;
- d) sifão invertido: obra destinada à transposição de obstáculo pela tubulação de esgoto, funcionando sob pressão;
- e) corpo de água receptor: corpo de água onde são lançados os esgotos;
- f) estação elevatória: conjunto de instalações destinadas a transferir os esgotos de uma cota mais baixa para outra mais alta;
- g) estação de tratamento: conjunto de instalações destinadas à depuração dos esgotos, antes de seu lançamento.

Quanto ao regime hidráulico de escoamento, as canalizações dos coletores e interceptores devem ser projetadas de forma a funcionar sempre como condutos livres, escoando por gravidade. Como condutos forçados atuam os sifões e linhas de recalque das estações elevatórias, já os emissários podem tanto atuar em regime livre quanto como condutos forçados. (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000)

Para o projeto de sistemas de esgotos sanitários, as normas que devem ser consultadas são as seguintes (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000, p. [6]):

- a) NBR 9648 - Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário, que estabelece terminologia e condições gerais para este tipo de estudo, promulgada em 1986;
- b) NBR 9649 - Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário, que estabelece terminologia e critérios de dimensionamento para elaboração de projeto hidráulico-sanitário de redes coletoras de esgoto sanitário, promulgada em 1986;
- c) NB 568 - Projeto de Interceptores de Esgoto Sanitário, que estabelece condições de elaboração de projeto e dimensionamento de interceptores de grande porte, promulgada em 1989;
- d) NB 569 - Projeto de Estações Elevatórias de Esgoto Sanitário, que estabelece condições para a elaboração de projeto hidráulico sanitário de estações elevatórias de esgoto sanitário com emprego de bombas centrífugas, promulgada em 1989
- e) NB 570 - Projeto de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário, que estabelece condições para a elaboração de projeto hidráulico-sanitário de estações de tratamento de esgotos, promulgada em 1990.

A fim de realizar o estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário, deve-se desenvolver uma série de atividades como o levantamento de dados e características da população local, análise do SES existente, estudos demográficos e de ocupação e uso do solo, consideração e justificativa dos critérios e parâmetros de projeto, cálculo das contribuições doméstica, industrial e de infiltração, estudo dos corpos receptores, pré-dimensionamento dos elementos dos sistemas a serem considerados para escolha, estimativa de custo das alternativas e comparação técnico-econômica das mesmas (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000).

Além disso, os autores também recomendam que as canalizações existentes encontradas em análise do cadastro devem ser apontadas e aproveitadas quando possível. Para tal, a análise do cadastro deve conter: localização, diâmetro e sentido de escoamento de cada trecho, profundidades a montante e jusante, cota dos poços de visita e outros órgãos acessórios (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000).

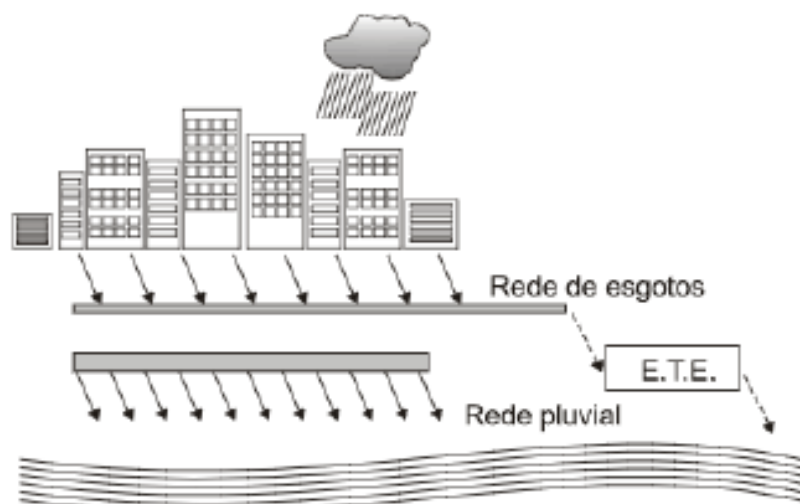
## **5 TIPOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO**

Os sistemas de esgotamento em meio urbano são principalmente de dois tipos: unitário ou combinado e separador total. Segundo Tucci (2005), no Brasil e na América do Sul existe uma tendência à utilização do sistema separador, o qual apresenta maior custo por se utilizar de dois sistemas. Entretanto, na prática, pode não funcionar corretamente devido a interligações entre as redes pluvial e cloacal. Já o sistema unitário, apesar da vantagem de utilizar apenas uma rede, pode apresentar problemas como um maior potencial de propagação de doenças, no caso de extravasamento, odores indesejáveis e um aumento na proliferação de vetores de doenças. A escolha de uma solução de sistema de esgotamento depende de diversos fatores, não havendo assim uma escolha que seja recomendada em qualquer situação. A seguir, serão descritos os sistemas Separador Absoluto e Unitário ou Combinado.

### **5.1 SISTEMA DE ESGOTO SEPARADOR ABSOLUTO**

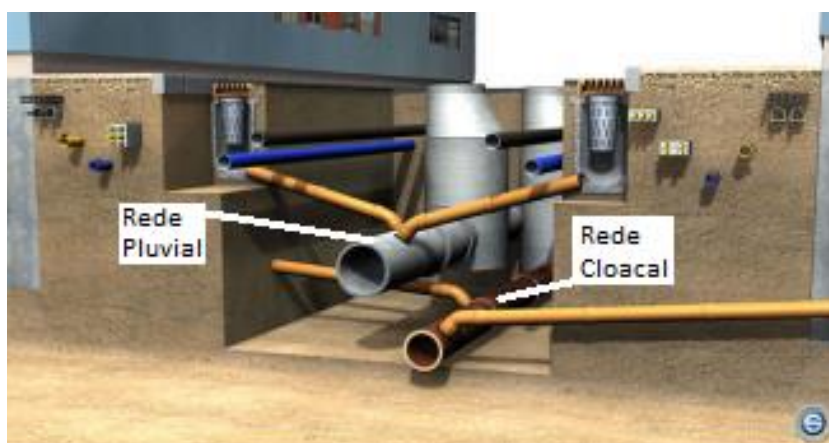
Nesse arranjo de rede o esgoto cloacal, constituído pelas águas servidas de residências e industriais, juntamente com uma parcela de água das chuvas que infiltra na tubulação e demais peças da rede, veicula em um sistema independente do sistema de drenagem pluvial. Um exemplo de arranjo desse tipo de sistema está representado pela figura 2, assim como o detalhe das canalizações na figura 3 (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO 2000).

Figura 2 – Representação do Sistema Separador Absoluto



(fonte: TSUTIYA; BUENO, 2004)

Figura 3 – Detalhamento em corte do Sistema Separador Absoluto



(fonte: WARTCHOW, 2013)

Os sistemas separadores absolutos foram amplamente utilizados no Brasil por diversos fatores, como a priorização de redes de esgotamento sanitário, o preço de material mais baixo e a possibilidade de lançamento da vazão pluvial diretamente nos cursos d'água, já que, com a utilização de duas redes distintas, não escoam pela canalização pluvial os despejos de residências e indústrias (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO 2000 *apud* AZEVEDO NETTO et al, 1983).

Alguns benefícios da utilização do sistema separador absoluto são uma operação mais estável das estações de tratamento de esgoto, já que com uma menor influência meteorológica é possível uma estimativa mais exata do volume de esgoto, e a possibilidade de construção de

tanques de contenção de águas pluviais, caso não contenham níveis expressivos de poluentes oriundos das superfícies urbanas (WARTCHOW 198–).

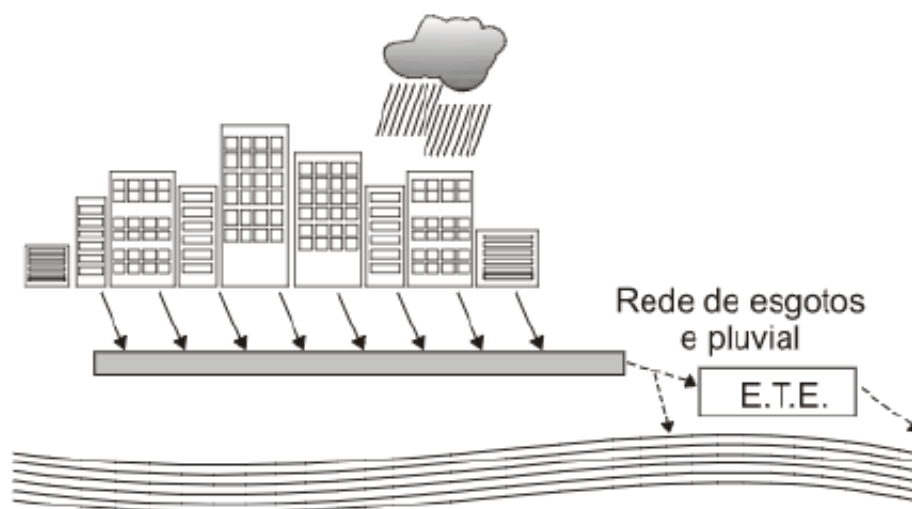
Outro benefício econômico provém de se tratar de um volume menor de esgoto, sendo tratado apenas o esgoto doméstico. Porém, mesmo com a separação das redes é preciso estudar a necessidade de tratamento das águas pluviais de acordo com a utilização prevista para o corpo receptor. As cargas poluidoras variam muito de acordo com a contaminação das áreas de contribuição, além de que podem também existir ligações indevidas de esgoto doméstico nas redes de drenagem. Segundo Wartchow e Dorneles (1990), é imprescindível a utilização de um tratamento das águas pluviais em sistemas separadores absolutos quando existem ligações indevidas ou possibilidade de condução de detritos aos mananciais.

Por outro lado, ingresso indevido de água de chuva nas redes cloacais ocasiona uma sobrecarga hidráulica em toda a rede, alterando assim as condições de operação das estações de bombeamento e tratamento, podendo acarretar inclusive em um aumento no gasto energético. A infiltração de chuva nas redes cloacais é um fator previsto em projeto, porém, seu excesso pode indicar danos na rede, podendo haver percolação de esgoto no solo e contaminação dos lençóis freáticos, além da sobrecarga à rede (WARTCHOW; DORNELES 1990).

## 5.2 SISTEMA DE ESGOTO UNITÁRIO OU COMBINADO

De acordo com Tsutiya e Alem Sobrinho (2000), esse sistema se caracteriza pelo escoamento das águas provenientes de esgotos domésticos e industriais e das águas pluviais se dar em uma única canalização. A representação e detalhes do mesmo podem ser observados nas figuras 4 a 6. O Sistema unitário pode ser utilizado com ou sem estruturas de armazenamento de água, embora sejam usualmente necessárias.

Figura 4 – Representação do Sistema Unitário Tradicional



(fonte: TSUTIYA; BUENO, 2004)

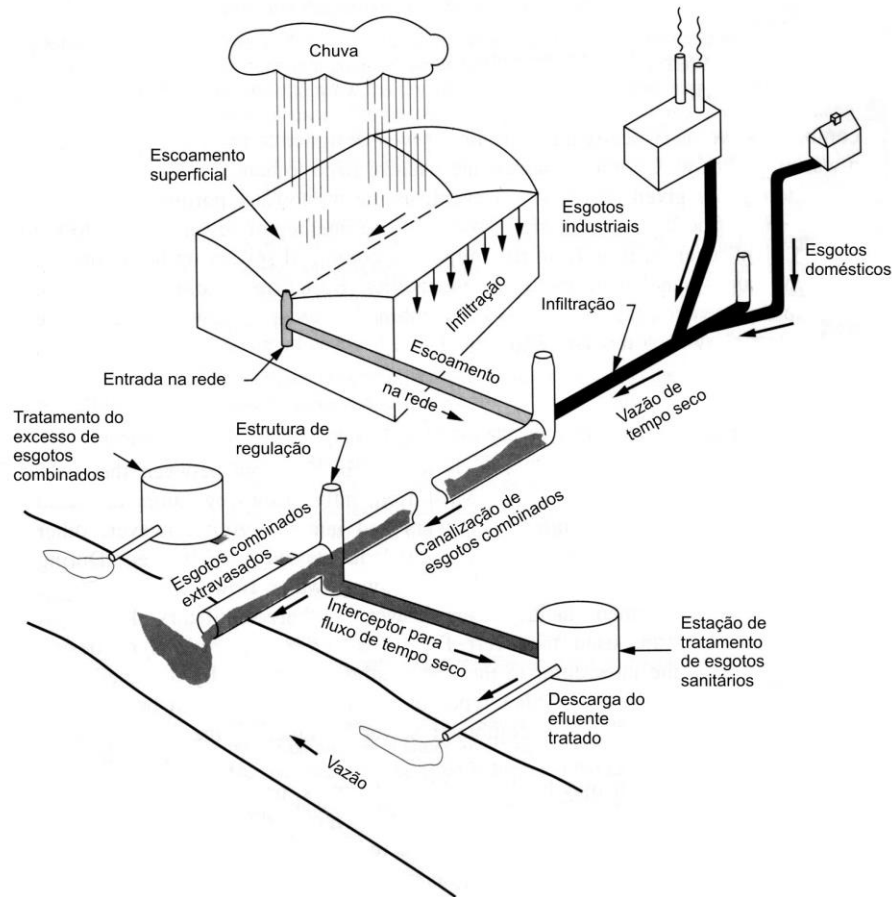
Figura 5 – Detalhamento em corte do Sistema Combinado



(fonte: WARTCHOW, 2013)

Um Sistema Combinado é formado por diversos componentes, como ilustra a figura 6. Sua composição depende de fatores relacionados à precipitação, aos esgotos sanitários, à área de drenagem e às características do sistema de esgotos como dimensões, declividades e forma das canalizações (GEHLING; BENETTI, 2005).

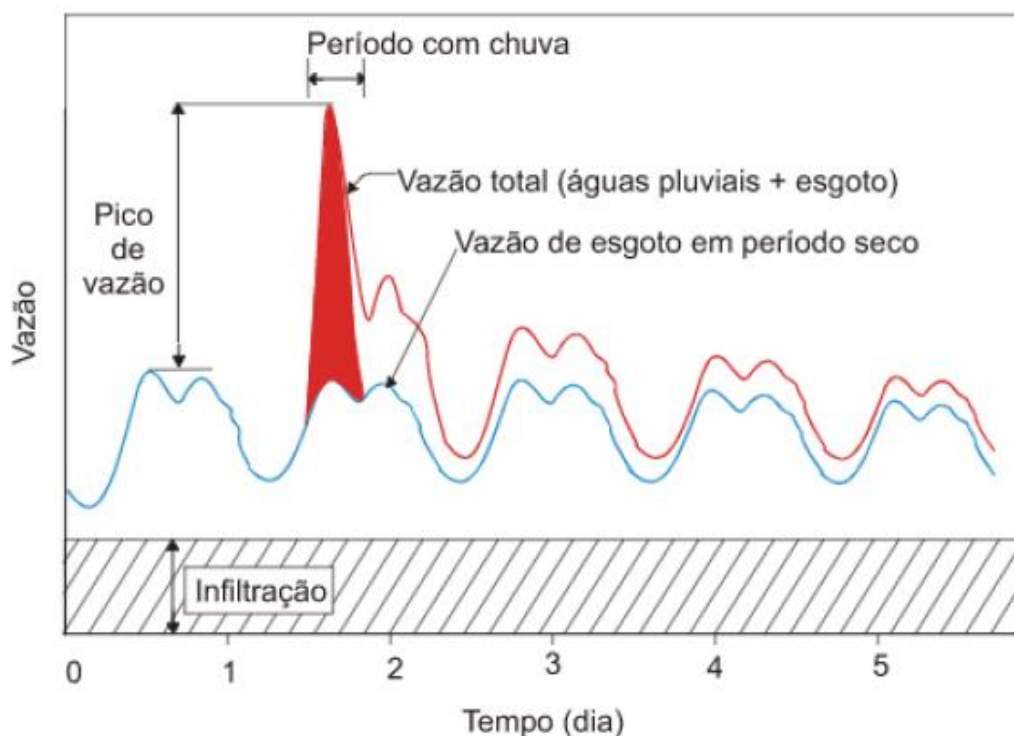
Figura 6 – Componentes de um Sistema de Esgotamento Unitário



(fonte: GEHLING; BENETTI, 2005)

Segundo Gehling e Benetti (2005), as contribuições dos esgotos domésticos e industriais em sistemas desse tipo constituem a contribuição de tempo seco do sistema, sendo constantemente encaminhadas para as estações de tratamento de esgotos pela rede. Já a contribuição de tempo úmido se dá apenas quando houver uma precipitação de intensidade suficiente para exceder a infiltração de água no terreno e o volume armazenado em depressões no solo, fazendo com que o excesso de água seja encaminhado para a rede. Este processo de variação de vazão em tempo seco e úmido está ilustrado na figura 7, onde a curva inferior demonstra as oscilações diárias em tempo seco e a curva superior demonstra as vazões combinadas. Nota-se que as curvas são aproximadamente próximas em momentos sem precipitação, alterando-se bruscamente em um evento de chuva.

Figura 7 – Variação da vazão em tempo seco e úmido em um sistema unitário



(fonte: TSUTIYA; BUENO, 2004)

Assim como no sistema separador absoluto, as canalizações de um sistema unitário funcionam por gravidade, sendo usualmente projetadas considerando apenas a precipitação de projeto de determinada intensidade e duração devido à pequena magnitude da vazão de esgoto sanitário comparada à vazão pluvial (GEHLING; BENETTI, 2005).

É importante a utilização de estruturas de regulação e desvio, a fim de manter um controle sobre a vazão de esgotos transportada pelo interceptor. Tais estruturas podem ser de diversos tipos, sendo algumas delas vertedores laterais, transversais ou ajustáveis, reguladores de saída elevados e sifões de alívio. Com a utilização dessas estruturas, nos períodos de tempo seco o esgoto em sua totalidade entra no receptor, mas em períodos de chuva o excesso de vazão é desviado e encaminhado ao curso d'água ou outras estruturas de manejo das mesmas, como por exemplo bacias de retenção. Deve-se também tomar os devidos cuidados com as estruturas de saída dos esgotos no curso d'água, pois se a cota na saída da tubulação for inferior ao nível d'água em períodos de cheia deve-se instalar um dispositivo que impeça o retorno das águas do corpo receptor para a rede (GEHLING; BENETTI, 2005).

Segundo Tsutiya e Bueno (2004), o sistema de esgotamento combinado foi desenvolvido para localidades com níveis de precipitação atmosférica muito inferiores aos de países de clima tropical como o Brasil. De acordo com esses autores a intensidade das chuvas em cidades brasileiras é aproximadamente o triplo da observada em cidades europeias, tornando inviável o tratamento das vazões de períodos chuvosos sempre que a vazão do sistema combinado alcance um valor de 2 a 10 vezes maior que a vazão de tempo seco.

Ainda segundo estes autores, mesmo em países com índices menores de pluviosidade, o pico de vazão durante um evento de chuva intensa pode ser até 100 vezes maior que a vazão de esgoto em tempo seco. Assim, torna-se impossível o tratamento da vazão de qualquer sistema de esgotamento unitário em sua totalidade devido a necessidade de tanques muito grandes para a sedimentação de uma parcela da vazão, além da parcela restante apresentar graus variados de diluição. Dessa forma, as localidades que se utilizam desse tipo de sistema geralmente limitam a vazão que deve chegar às ETEs, como se pode ver no quadro 1.

Quadro 1 – Vazões máximas afluentes às ETEs durante períodos chuvosos

| País       | Vazões máximas |
|------------|----------------|
| 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; BUENO, 2004)

A melhor opção para tratamento da vazão de esgotos combinados é o tratamento da vazão de esgotos sanitários e da vazão de *first flush* (primeira lavagem), sendo os esgotos da rede unitária coletados por interceptores e encaminhados até as estações de tratamento, existindo nas junções entre galerias de água pluvial e interceptores estruturas capazes de desviar o excesso de águas de origem pluvial (GEHLING; BENETTI, 2005).

O efeito de “primeira lavagem” ou *first flush*, observado com frequência em chuvas de grande intensidade, é caracterizado por um aumento na concentração de poluentes e sólidos



suspensos no esgoto unitário durante o início do evento de chuva. Isto ocorre em função da lavagem das superfícies devido ao escoamento das águas pluviais, carregando os materiais depositados (GEHLING; BENETTI, 2005).

### 5.3 SISTEMA MISTO

Mesmo o sistema separador absoluto sendo o mais aceito no Brasil, quando implantado sem os devidos cuidados este sistema acaba por atuar de forma diferente de como foi projetado, havendo a mistura de efluente doméstico e pluvial. Como causas para a mistura de efluentes pode-se citar principalmente (DIAS; ROSSO, 2011, p. 180):

- a) regiões sem sistema público de esgotamento sanitário;
- b) reminiscências de sistemas antigos: separador parcial ou unitário;
- c) defasagem na implantação e ampliação das etapas dos componentes do sistema;
- d) prorrogação da utilização de componentes obsoletos do sistema;
- e) falta de prioridade aos serviços de operação, manutenção e conservação;
- f) modelo de urbanização e falta de planejamento urbano;
- g) dificuldades na fiscalização de obras;
- h) descontrole sobre as ligações prediais irregulares;
- i) custos na implantação das ligações prediais;
- j) instalações prediais inadequadas;
- k) tratamento ineficaz;
- l) aspectos culturais e educativos;
- m) adoção de estruturas atípicas do sistema separador absoluto

Um sistema concebido como separador absoluto pode operar como sistema misto devido às interconexões entre os sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial, neste caso a infraestrutura é a de um sistema separador absoluto, porém, existem ligações de esgoto doméstico na canalização pluvial, com ou sem tratamento primário (DIAS; ROSSO, 2011).

O Grupo de Trabalho Solução Mista de Esgotamento Sanitário (2016) atenta para a diferença entre a utilização deste tipo de solução e o conceito de sistema unitário, pois no segundo caso as estruturas já são dimensionadas para este fim, tendo características apropriadas, enquanto no primeiro isso não ocorre. Tal solução é vista como insatisfatória e temporária, porém a mesma é permitida na legislação estadual mediante algumas condições como o tratamento prévio ao lançamento dos esgotos na rede e a adequação das bocas de lobo e demais singularidades da canalização pluvial de forma a minimizar o contato da população com os efluentes.

Nota-se, então, que é imprescindível o tratamento individual dos efluentes antes de seu lançamento nas redes pluviais, no caso através de tanque séptico e, se necessário, filtro, visto que as mesmas não foram dimensionadas para este fim e que se não houver tratamento individual não haverá tratamento algum. Porém, problemas como a falta de manutenção, erros de projeto e má execução podem fazer com que os tanques sépticos e filtros não funcionem devidamente, trazendo danos graves ao meio ambiente (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2002).

Cabe ressaltar também que a crescente urbanização se estende até o subsolo das grandes cidades, assim, devido às estruturas existentes, em funcionamento ou desativadas, torna-se cada vez mais limitado o espaço físico para novas canalizações. Por outro lado, sempre que são executadas novas intervenções a integridade das redes já assentadas pode ser comprometida (DIAS; ROSSO, 2011).

Cada vez mais é negligenciada a fiscalização efetiva de obras de saneamento no país. Além de que, independentemente dos outros fatores, a falta de conhecimento mínimo da sociedade sobre os serviços de infraestrutura urbana, sobre a utilização adequada de suas instalações prediais ou residenciais e sobre seu papel na manutenção e funcionamento do sistema é um grande fator prejudicial. Mesmo com a constatação de problemas frequentes devido à falta de dimensionamento, a reforma ou implantação de um novo tipo de esgotamento ainda é secundarizada devido à priorização de áreas que não possuem sistema algum (DIAS; ROSSO, 2011).

## 5.4 ESCOLHA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO

Para que se obtenha sucesso em um sistema separador absoluto, é necessário monitorar as redes a fim de assegurar seu funcionamento correto, evitando o escoamento de despejos de origem cloacal na rede pluvial e vice-versa, o que não acontece na maior parte das cidades brasileiras TSUTIYA (2000 *apud* AZEVEDO NETTO et al, 1983). Assim, a solução mista de esgotamento surge como uma alternativa em locais onde ainda não existe rede cloacal ou existem ramais que não puderam ser ligados à mesma.

Tratando-se dos benefícios ambientais, segundo Ide (1984, p 93-94):

Apesar da utilização de sistemas de esgotos combinados serem mais vantajosos em países com menor pluviosidade do que em países de zonas tropicais, este procedimento provavelmente apressaria o controle de poluição dos cursos d'água próximos às cidades que já possuem sistema de esgotos pluviais. Além disso, possibilitaria o tratamento da primeira descarga da drenagem pluvial. Tradicionalmente o uso do sistema de esgoto combinado tem sido aceito como eficaz para obtenção de melhora da qualidade do corpo receptor.

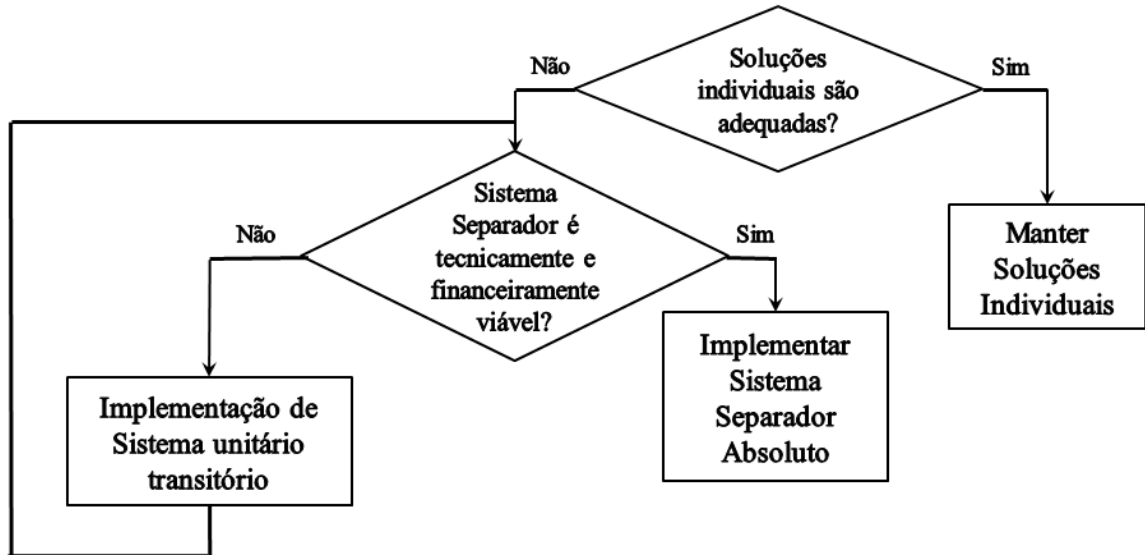
Madeira (2012) concorda que a utilização de sistemas unitários, seguida por uma adaptação gradual ao sistema separador absoluto, é a mais adequada vista a realidade do país. O mesmo autor também concluiu em sua pesquisa que a melhoria dos cursos d'água é alcançada se utilizando muito menos recursos financeiros quando em comparação com o modelo convencional.

Porém, uma das dificuldades na implantação deste tipo de sistema no Brasil é o fato de que em municípios operados pelas companhias estaduais de saneamento a drenagem urbana fica como responsabilidade da prefeitura, enquanto o sistema de esgoto fica a cargo da companhia estadual (TSUTIYA; BUENO 2004).

Para auxiliar na escolha do sistema de esgotamento a ser utilizado, tanto em locais onde não existe nenhuma infraestrutura de esgotamento quanto em locais com redes pluviais apenas, propõe-se analisar principalmente dois fatores: a eficiência das soluções individuais de tratamento e a viabilidade técnica e financeira da implantação de um sistema separador absoluto. Uma maneira de fazer esta análise é através do fluxograma da figura 8. Caso as soluções individuais de esgotamento utilizadas não sejam adequadas e ainda não exista viabilidade técnica ou econômica para a implantação de um sistema separador, propõe-se a

implantação de um sistema unitário que posteriormente, quando existir viabilidade técnica e financeira, deverá ser transformado em um sistema separador absoluto.

Figura 8 – Fluxograma para auxílio na escolha de Sistemas de Esgotamento



(fonte: elaborado pela autora)

## 6 ESGOTAMENTO E DRENAGEM URBANA EM PORTO ALEGRE

### 6.1 SANEAMENTO BÁSICO EM PORTO ALEGRE

O PMSB de Porto Alegre divide a cidade em 10 Sistemas de Esgotamento Sanitário, conforme a Figura 9. Para a análise das ligações de esgoto proposta pelo presente trabalho foi desconsiderado o Sistema Ilhas, devido à quase inexistente infraestrutura no local.

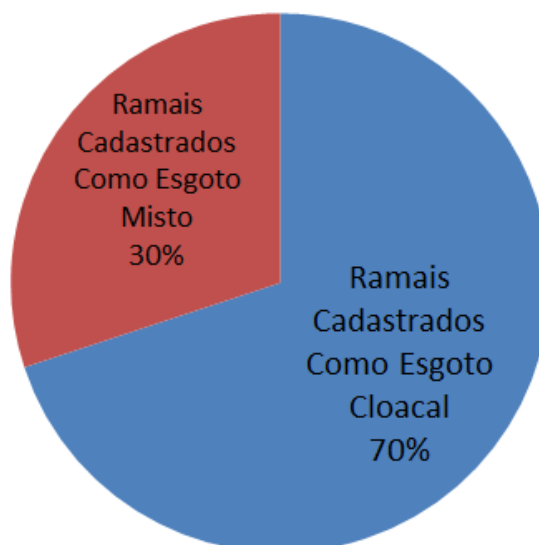
Figura 9 – Sistemas de Esgotamento Sanitário em Porto Alegre



(fonte: DMAE, 2015)

Em Porto Alegre, estima-se que 89,67% da população é atendida com coleta de esgoto, sendo 66,27% por sistema separador absoluto e 23,40% por sistema misto. São no total 234.940 ligações ativas de esgoto, 164.289 cadastrados com esgoto cloacal e 70.651 cadastrados com esgoto misto, como demonstra a figura 10. Além disso, sabe-se que embora a capacidade de tratamento do esgoto coletado seja de 80% o índice de tratamento é de 65,29%. Os dados gerais referentes ao esgotamento sanitário do departamento podem ser vistos no quadro 2 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

Figura 10 – Ramais de Esgoto em Porto Alegre por Tipo de Rede



(fonte: elaborada pela autora)

Quadro 2 – Dados Gerais de Esgotamento Sanitário

Estações de Tratamento de Esgoto: 10 ETEs  
 (Arvoredo/Jardim Planalto, Belém Novo, Bosque, Esmeralda, Ipanema, Lami, Rubem Berta, São João/Navegantes, Serraria, Sarandi)  
 Estações de Bombeamento de Esgoto: 28 EBEs  
 Quantidade de Ligações Ativas de Esgoto<sup>1</sup>: 234.940  
 Ramais cadastrados com esgoto cloacal: 164.289  
 Ramais cadastrados com esgoto misto: 70.651  
 Economias atendidas com esgoto cloacal: 451.406  
 Economias atendidas com esgoto misto: 159.418  
 População atendida com coleta de esgoto (cloacal e misto): 89,67%  
     Com separador absoluto: 66,27%  
     Misto (DEP): 23,40%  
 Capacidade de tratamento de esgotos: 80%  
 Índice de tratamento de esgotos: 65,29%  
 Vazão de esgoto que pode ser tratada (capacidade tratamento ETEs=vazão de projeto): 161.054.352 m<sup>3</sup>/ano  
 Volume de esgoto tratado: 66.396.081 m<sup>3</sup>/ano  
 Extensão total da rede de esgotos: 1.926 km

(fonte: DMAE, 2015)

Através desses dados pode-se notar que embora a cidade esteja com bons índices em comparação com o resto do país, como é proposta a utilização do sistema separador absoluto em sua totalidade ainda existe um caminho considerável a percorrer, pois ainda há potencial de tratamento não aproveitado (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

## 6.2 ÓRGÃOS RESPONSÁVEIS

Em Porto Alegre, por muito tempo dois órgãos distintos foram responsáveis pelas redes cloacais e redes pluviais, são eles o extinto Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) e o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE). Estes órgãos juntamente com outros dentro do âmbito de saneamento básico seguem as seguintes diretrizes estabelecidas no Plano Municipal de Saneamento Básico do Município:

- a) Horizonte de planejamento – ano de 2035, para a universalização do atendimento da população de Porto Alegre com coleta e tratamento de esgotos sanitários;
- b) Sistema separador absoluto em todo o município de Porto Alegre com previsão de coleta e tratamento de esgotos por SES, de forma centralizada ou integrada;
- c) Projetos e Obras de RCs sanitárias públicas devem contemplar as Ligações Intradomiciliares em áreas de baixa renda;
- d) Todas as obras de esgotamento sanitário devem ter o acompanhamento efetivo e concomitante de trabalho técnico-socioambiental;
- e) A implantação das redes pluviais deverá preceder as RCs de esgotos sanitários;
- f) O sistema unitário (misto) somente poderá ser utilizado para a coleta de esgotos sanitários em casos especiais e de forma provisória;
- g) A rede coletora do tipo separador absoluto atualmente existente no município deverá ser integrada à malha coletora prevista para o SES na qual se encontra inserida, seja por gravidade, preferencialmente, ou através de bombeamento.

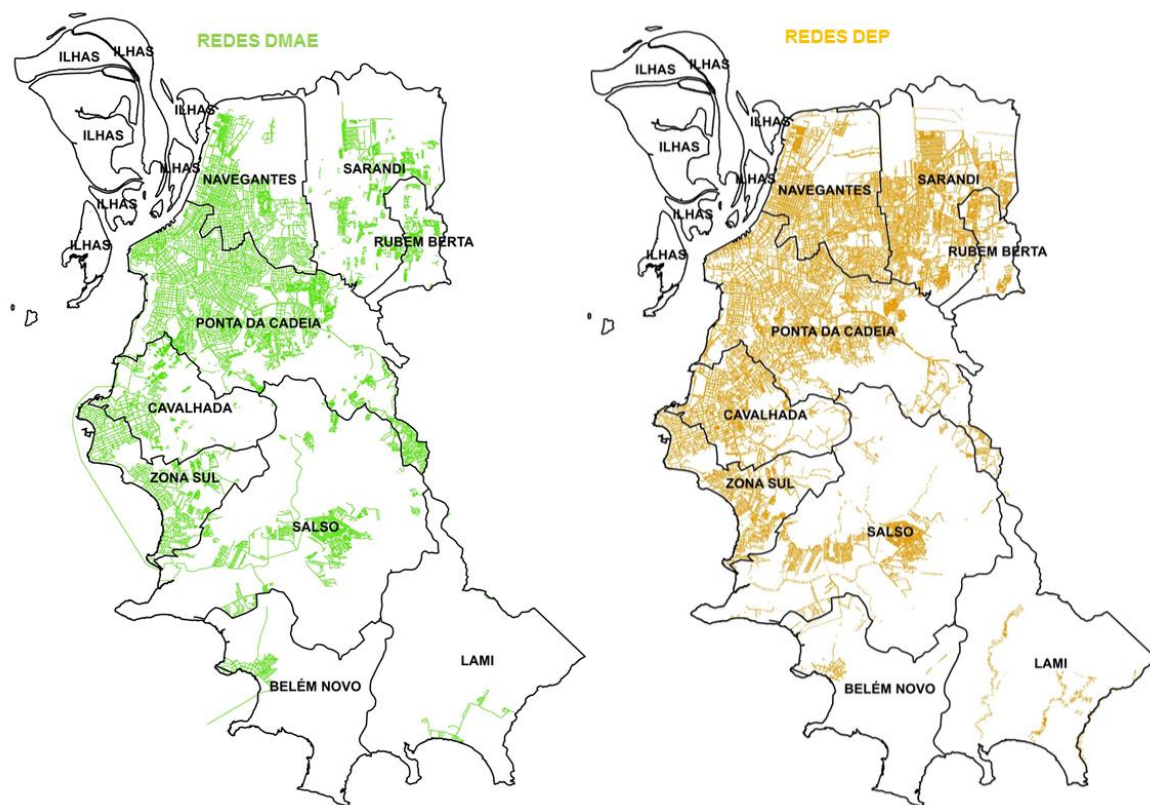
Para que se mantenha um controle ambiental integrado, os órgãos se utilizam de dados georreferenciados, os quais, juntamente com imagens de satélite, facilitam e tornam mais rápida a resolução de problemas. Alguns destes dados serão utilizados posteriormente neste trabalho (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2015).

O extinto DEP, como o próprio nome sugere, é responsável pela manutenção e recuperação dos sistemas de micro e macrodrenagem urbana. Além disso, a coleta de esgoto sanitário em redes unitárias (após a passagem pela fossa séptica) também fica a seu cargo em áreas onde ainda não há sistema separador absoluto, assim como a manutenção e melhoria do sistema de drenagem natural (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2015). As redes de drenagem urbana no município são de grande extensão, como mostra a Figura 11. Porém são muito mais antigas que as redes cloacais, possuindo um cadastro por muitas vezes incompleto e de difícil entendimento.

Ao encargo do DMAE ficam então a captação, tratamento e distribuição de água e a coleta e tratamento do esgoto cloacal, devendo este então realizar a manutenção e fiscalização dos

serviços constantemente, além de buscar sempre melhorias e a ampliação dos mesmos (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2015).

Figura 11 – Extensão das Redes de Esgotamento Pluvial e Cloacal em Porto Alegre



(fonte: elaborada pela autora)

### 6.3 SISTEMA DE TARIFAÇÃO

Para arrecadação de fundos é cobrada da população uma tarifa pela prestação destes serviços públicos. Em Porto Alegre a tarifa pode ser de três tipos, podendo incluir apenas o valor referente à distribuição de água ou também o valor da coleta de esgoto. Desde 1989, todos os usuários atendidos pela rede pluvial ou rede “mista” devem pagar a tarifa correspondente a este serviço, além dos usuários atendidos pela rede cloacal (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2017a). De acordo com a Lei Complementar 206/89 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1989), a tarifa de esgoto incide sobre todas as edificações exceto residências unifamiliares com área construída igual ou inferior a 55m<sup>2</sup>.



A tarifa do tipo um é cobrada quando o imóvel não está ligado à rede alguma de esgoto para coleta. A tarifa do tipo dois é cobrada quando o imóvel está ligado à rede cloacal e a tarifa do tipo três quando está ligado à rede pluvial (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2015).

O preço do serviço de remoção de esgotos, tanto em rede pluvial quanto em rede cloacal, é calculado através da seguinte expressão (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2017b):

$$Preço = PB \times C \times 0,8 \quad (\text{equação 1})$$

Na qual:

PB = preço básico (R\$/m<sup>3</sup>)

C = consumo mensal de água (m<sup>3</sup>).

Este valor é somado ao cálculo do preço de água e obtém-se o total da conta. Os valores de remoção de esgoto em redes mistas e em redes cloacais são arrecadados pelo DMAE, sendo os valores referentes à coleta em redes mistas repassados para o extinto DEP, com exceção de uma taxa administrativa de 3% (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2017a).

## 6.4 CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE COLETORES DE ESGOTO

Os coletores de esgoto sanitário e pluvial são dimensionados de diferentes formas. A seguir, será brevemente descrita a metodologia para cada caso utilizada no município de Porto Alegre.

### 6.4.1 *Coletores de Esgoto Sanitário*

O DMAE se utiliza de normas internas para o dimensionamento de coletores sanitários, elaboradas tendo como referência as normas brasileiras pertinentes ao assunto, que devem ser atendidas em projeto.

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre divide a cidade em Sistemas e estes em Subsistemas de esgotamento, os quais não são definidos por limites políticos, mas sim pela topografia das bacias hidrográficas. No que tange o dimensionamento de coletores de esgoto, o primeiro passo é a caracterização da demanda quanto a sua área de abrangência e objetivo. Após, devem ser feitos levantamentos e estudada a viabilidade técnica do projeto (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

Em seguida, utilizando-se de mapas cadastrais e informações topográficas o projetista faz o lançamento de um traçado preliminar, o qual deve seguir o menor trajeto possível ligando o maior número de ramais. Além disso, deve respeitar as estruturas urbanas, equipamento e vegetação, avaliando também a necessidade de obras complementares como travessias utilizando método não destrutivo, elevatórias e sifões invertidos. Por vezes, elementos naturais, obras e tubulações de grande diâmetro implantadas podem inviabilizar ou dificultar o traçado proposto, sendo necessários ajustes (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

Em Porto Alegre, para projetos que envolvam populações superiores a 1000 habitantes deve ser previsto o crescimento populacional para a obtenção de uma estimativa de vazão de início e de final de plano. Devem ser adotados os dados de população e crescimento do PMSB em vigor (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

Para o dimensionamento da vazão que escoará pela rede são utilizados os parâmetros da NBR 9649/86. Tal vazão ( $Q_{fm\acute{a}x}$ ) pode ser calculada por meio da seguinte equação (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016):

$$Q_{fm\acute{a}x} = \frac{C \times P_1 \times q \times k_1 \times k_2}{86.400} \quad (\text{equação 2})$$

Na qual:

$Q_{fm\acute{a}x}$  = vazão de esgoto sanitário final máxima, em L/s;

$k_1$  = coeficiente de máxima vazão diária;

$k_2$  = coeficiente de máxima vazão horária;

$P_1$  = população final atendida, em habitantes;

$q$  = consumo de água per capita, em L/hab.dia;

$C$  = coeficiente de retorno de águas servidas;

Sendo os coeficientes acima adimensionais, para o coeficiente de retorno, que representa quanto da água consumida pela população retorna como esgoto, utiliza-se o valor de 0,8. Os outros coeficientes  $k_1$  e  $k_2$  representam, respectivamente, a relação entre a máxima vazão diária encontrada em um ano e a vazão média diária anual e a relação entre a maior vazão verificada em um dia e a vazão média horária do mesmo dia. A NBR 9.649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986) recomenda a utilização de 1,2 e 1,5 para  $k_1$  e  $k_2$ , os quais são utilizados pelo DMAE.

Ainda segundo a NBR 9.649, na falta de dados estatísticos, utiliza-se 1,5 L/s como valor mínimo de vazão em cada trecho. Além dessa vazão, é necessário considerar a parcela de água que infiltra pelas tubulações e órgãos acessórios, que pode ser chamada de água de infiltração. A NBR 9.649 recomenda a utilização de uma taxa de infiltração entre 0,05 e 1,0 L/s por km da rede. O DMAE adota para cálculo uma infiltração de 0,5 L/s por km de rede, o que está dentro deste limite (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

As planilhas utilizadas para dimensionamento utilizam o critério da tensão Trativa determinado pela NBR 9649/86, o qual envolve três aspectos principais: hidráulico, controle de sulfetos e autolimpeza. A tensão trativa representa um valor médio de tensão distribuído no perímetro molhado da tubulação, podendo ser calculada por (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016):

$$T = \delta \times R_h \times I \quad (\text{equação 3})$$

Na Qual:

$T$  = Tensão Trativa média, em Pa;

$\delta$  = Peso específico do líquido, em 10.000 N/m<sup>3</sup>;

$R_h$  = Raio hidráulico, em m;

$I$  = Declividade do coletor, em m/m.

Segundo a NBR 9649/86, utilizando-se este critério a tensão trativa crítica para tubulações de manilha cerâmica, ferro, aço e concreto é de 1,0 Pa. Já para tubos plásticos, tal valor cai para 0,6 Pa.

No DMAE, para que fosse possível utilizar uma única declividade mínima dentre todos os materiais supracitados, foi estabelecida uma tensão trativa mínima de 0,92 Pa para tubos plásticos, sendo assim para cada trecho se verifica se a mesma iguala ou supera a mínima, desta forma garantindo as condições de controle de sulfetos e autolimpeza. A declividade mínima das redes de esgoto cloacal no município então é de 0,00456 m/m (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

Embora para que seja atendido o critério de autolimpeza seja exigida uma lâmina mínima, na Norma de Projeto de Redes Coletoras de Esgotamento Sanitário do DMAE (2016) é estabelecida também uma lâmina máxima de 75% do diâmetro da tubulação, ou de 50% para velocidades superiores a velocidade crítica de escoamento, a fim de assegurar a ventilação do trecho. Já para a velocidade final máxima estabelece-se o valor de 4,0 m/s.

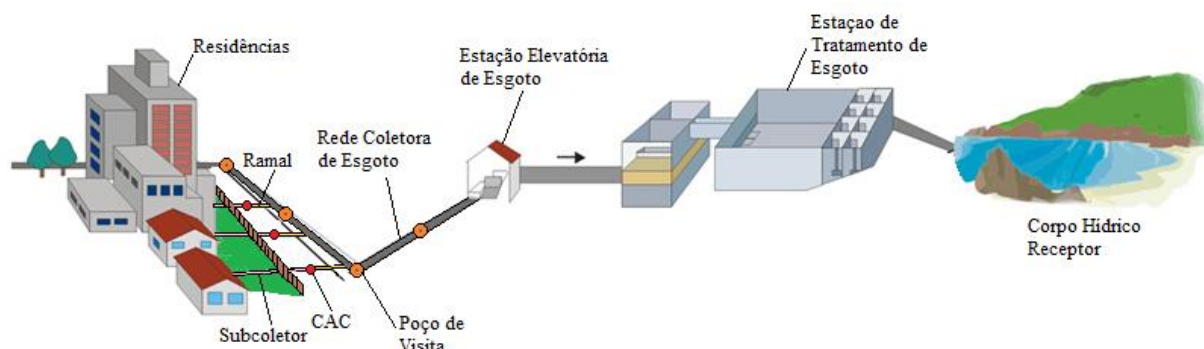
Por fim, é necessário também verificar a influência de remanso no trecho de montante sempre que o nível d'água na saída de qualquer poço de visita ou tubo de inspeção e limpeza seja maior que o nível de entrada. Além disso, em situações onde exista uma tubulação de montante em desnível superior a 50cm em relação ao fundo da calha do PV deve ser previsto tubo de queda (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

A caixa adicional de Calçada (CAC) é um equipamento de inspeção utilizado no passeio para cada ramal, servindo também como divisor entre a rede pública e rede domiciliar de esgoto, principalmente se tratando da manutenção da mesma. Quando não houver certeza quanto a profundidade de saídas de esgoto cloacal deve-se considerar a profundidade da caixa adicional de calçada de 1 metro. Para a ligação dos ramais domiciliares é estimado um comprimento de cinco metros entre a rede pública e a CAC, porém na prática este comprimento é bastante variável (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

Todos os pontos da rede coletora que possuam singularidades, como, por exemplo, início de coletores, mudanças de direção, declividade, diâmetro ou material e reunião de coletores devem apresentar poços de visita, sendo que em determinados casos o mesmo pode ser substituído por outros dispositivos como caixas de passagem, terminais de limpeza e tubos de inspeção e limpeza. A distância entre tais dispositivos deve ser determinada pelo alcance dos aparelhos de limpeza e desobstrução de rede que poderão ser utilizados em cada local, sendo

recomendada uma distância máxima de 100m (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986). A disposição de alguns dos dispositivos pode ser vista na figura 12.

Figura 12 – Esquema de Sistema de Esgoto Sanitário



(fonte: CESAN, adaptado)

#### 6.4.2 Coletores de Esgoto Pluvial

Para que seja possível entender o dimensionamento de uma rede de coletores de esgoto pluvial, é necessário primeiramente entender o funcionamento dos sistemas de drenagem urbana. No Brasil, não existe uma normativa a ser seguida para o dimensionamento de coletores de esgoto pluvial, porém para este item do presente trabalho utilizou-se um manual de drenagem urbana desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005) para o município.

A qualidade da água que escoar por uma rede pluvial não é necessariamente melhor que a do efluente de um tratamento secundário, já que a vazão pluvial possui uma quantidade superior de material suspenso à do esgoto *in natura*, sendo esta quantidade mais significativa no início das enchentes. A qualidade da água que escoar na rede pluvial depende de vários fatores como o tipo de utilização da área urbana em questão e a frequência e qualidade dos serviços de limpeza, a intensidade e duração da precipitação, assim como de sua distribuição espacial e a época do ano em que ocorre (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

Os sistemas de drenagem urbana se dividem em 3 partes (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005 p. 15):

- a) *na fonte*: é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado (como lote), estacionamentos, área comercial, parques e passeios.

- b) *microdrenagem*: é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais em um loteamento ou de rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado.
- c) *macrodrenagem*: envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. Quando é mencionado o sistema de macrodrenagem, as áreas envolvidas são de pelo menos 2 km<sup>2</sup> ou 200 ha. Estes valores não devem ser tomados como absolutos porque a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações.

A gestão da drenagem urbana deve ser feita de maneira integrada, tendo em mente que o escoamento da água pluvial depende de características do meio onde ele ocorrerá, tais como área, perímetro, rugosidade das paredes e tipo de seção e também de características do escoamento a montante (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

Ao se elaborar um projeto de esgotamento pluvial, deve-se inicialmente levar em consideração os seguintes fatores (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005 p. 11):

- a) Existência de tráfego de veículos e pedestres;
- b) Valor das propriedades sujeitas a danos por inundações;
- c) Escolha entre diferentes soluções: canais abertos, galerias subterrâneas ou tubulações de seção circular;
- d) Profundidade dos condutos para drenagem das propriedades lindeiras;
- e) Espaço disponível no subsolo das vias públicas para implantação dos condutos pluviais, em função da existência de outras canalizações no local (água, esgoto cloacal, eletricidade, telefonia, gás, infovia, etc);
- f) Existência de corpo receptor público em condições de receber o efluente dos condutos pluviais;
- g) Efeitos da urbanização crescente e execução de planos urbanísticos

Para que sejam projetadas obras de drenagem pluvial é necessário obter dados hidrológicos do local, a fim de determinar a chuva de projeto e assim determinar o hidrograma (vazão de projeto). A precipitação de projeto é um evento de chuva fictício, determinado a partir das características estatísticas e parâmetros das chuvas naturais e das informações de resposta da bacia hidrográfica em questão, tais características e parâmetros são utilizadas na forma de dois elementos básicos: o tempo de retorno e a duração crítica do evento (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

As chuvas de projeto são geralmente determinadas a partir de relações entre a intensidade, a duração e a frequência na bacia contribuinte. Além da variabilidade espacial, as precipitações naturais também apresentam grandes variações temporais durante um evento de chuva e entre eventos. Além disso, o escoamento irá depender crucialmente também da taxa de

impermeabilização do solo, a qual geralmente aumenta conforme aumenta a urbanização (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2005).

Em Porto Alegre, apesar da rede pluvial não ser concebida como unitária, se admite que os imóveis lancem seus despejos diretamente nela. Segundo o Decreto n. 9.369 (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 1988), quando não existe coletor cloacal no logradouro ou nos fundos de um imóvel o efluente deve ser lançado na rede de esgoto pluvial, porém de forma indireta, sendo obrigatória a utilização de tanque séptico entre a residência e a rede. Ainda, se o nível de tratamento primário não for considerado suficiente de acordo com diretrizes do decreto 9.369/88, deverá ser utilizada outra unidade de tratamento complementar como o filtro anaeróbio.

## **7 ANÁLISE DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO EM PORTO ALEGRE**

Em Porto Alegre, mesmo em locais onde já foi implantada a rede de esgotamento cloacal, por diversas vezes ainda existem ramais de esgoto ligados à rede pluvial. Mesmo que estes sejam ligados indiretamente com a utilização de tanques sépticos, a falta de manutenção e mau funcionamento de alguns acabam por ocasionar o lançamento *in-natura* de contribuições nos corpos receptores, comprometendo sua qualidade.

Como visto anteriormente, das 234.940 ligações ativas de esgoto no município, 70.651 ainda estão cadastrados com esgoto misto, dessa forma mesmo existindo programas para a correção de ligações é muito provável que grande parcela do esgoto doméstico dos ramais cadastrados com tarifa de esgoto misto esteja sendo direcionado ao corpo receptor sem devido tratamento (PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, 2016).

A fim de identificar e analisar as ligações indevidas foi realizada uma análise utilizando mapas temáticos fornecidos pelo DMAE na plataforma de geoprocessamento ArcGIS. Foram utilizadas as seguintes camadas de Informações:

- a) Vias
- b) Rede de Esgotamento Cloacal Existente
- c) Rede de Esgotamento Pluvial Existente

- d) Ramais classificados por Tarifa
- e) Projetos de Rede de Esgotamento Cloacal
- f) Sistemas de Esgotamento Sanitário
- g) Imagens de Satélite

Para a identificação dos ramais que poderiam estar ligados à rede cloacal foi feito um buffer de 50 metros a partir do desenho da rede, selecionando estes ramais e criando então uma camada que apenas os contivesse. Após, utilizando se das informações sobre a tarifa de cada ramal, foi feito um levantamento da quantidade de ramais que deveriam, porém não estão ligados a rede cloacal, isto para cada sistema de esgotamento do município. O resumo destes resultados pode ser observado nas Tabelas 1 e 2 e no gráfico da figura 13. Na elaboração do gráfico, para a porcentagem de ramais tarifa 3 em locais com e sem rede cloacal foram desconsiderados SES com poucos ramais como o SES Lami e SES Belém novo.

Tabela 1 – Análise de ramais Tarifa 3 por SES

| SES             | nº total de ramais | tarifa 0 (sem atendimento) | Tarifa 1 (água) | Tarifa 2 (DMAE) |     | Tarifa 3 (DEP) |     |
|-----------------|--------------------|----------------------------|-----------------|-----------------|-----|----------------|-----|
| Zona Sul        | 22.528             | 2                          | 3.434           | 15.691          | 70% | 3.401          | 15% |
| Sarandi         | 51.532             | 10                         | 6.543           | 17.390          | 34% | 27.589         | 54% |
| Salso           | 35.664             | 3                          | 12.696          | 16.248          | 46% | 6.717          | 19% |
| Rubem Berta     | 9.178              | 1                          | 1.590           | 4.447           | 48% | 3.140          | 34% |
| Ponta da Cadeia | 84.059             | 6                          | 11.230          | 64.127          | 76% | 8.696          | 10% |
| Navegantes      | 34.737             | 7                          | 1.914           | 21.786          | 63% | 11.030         | 32% |
| Lami            | 3.001              | -                          | 1.885           | 1.113           | 37% | 3              | 0%  |
| Cavanhada       | 27.306             | 3                          | 7.473           | 10.602          | 39% | 9.228          | 34% |
| Belem Novo      | 3.960              | -                          | 1.399           | 2.392           | 60% | 169            | 4%  |

(fonte: elaborada pela autora)



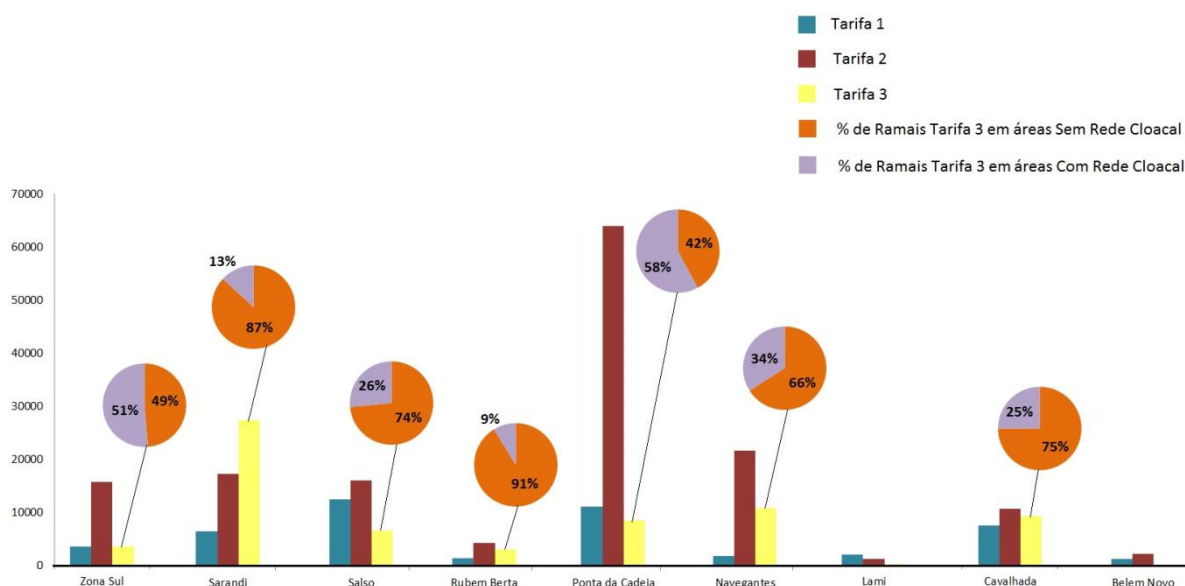
Tabela 2 – Análise de ramais Tarifa 3 passíveis de ligação em cloacal por SES

| SES             | Nº total de ramais | Nº de ramais em locais com rede cloacal |                 |                 |                |        | Ramais que poderiam estar ligados à rede cloacal (%) | Ramais perto de rede cloacal / total de ramais (%) |
|-----------------|--------------------|---|-----------------|-----------------|----------------|--------|--|--|
|                 |                    | tarifa 0 (s/ atendimento)               | Tarifa 1 (água) | Tarifa 2 (DMAE) | Tarifa 3 (DEP) | TOTAL  |  |  |
| Zona Sul        | 22.528             | 2                                       | 1.791           | 15.494          | 1.744          | 19.031 | 9%   | 84%  |
| Sarandi         | 51.532             | 2                                       | 3.098           | 16.630          | 3.637          | 23.367 | 16%  | 45%  |
| Salso           | 35.664             | 1                                       | 4.523           | 16.069          | 1.778          | 22.371 | 8%   | 63%  |
| Rubem Berta     | 9.178              | -                                       | 869             | 4.341           | 276            | 5.486  | 5%   | 60%  |
| Ponta da Cadeia | 84.059             | 6                                       | 7.969           | 63.417          | 5.035          | 76.427 | 7%   | 91%  |
| Navegantes      | 34.737             | 6                                       | 1.105           | 21.634          | 3.759          | 26.504 | 14%  | 76%  |
| Lami            | 3.001              | -                                       | 91              | 1.108           | 1              | 1.200  | 0%   | 40%  |
| Cavanhada       | 27.306             | 2                                       | 2.854           | 10.432          | 2.316          | 15.604 | 15%  | 57%  |
| Belem Novo      | 3.960              | -                                       | 166             | 2.366           | 46             | 2.578  | 2%   | 65%  |

(fonte: elaborada pela autora)

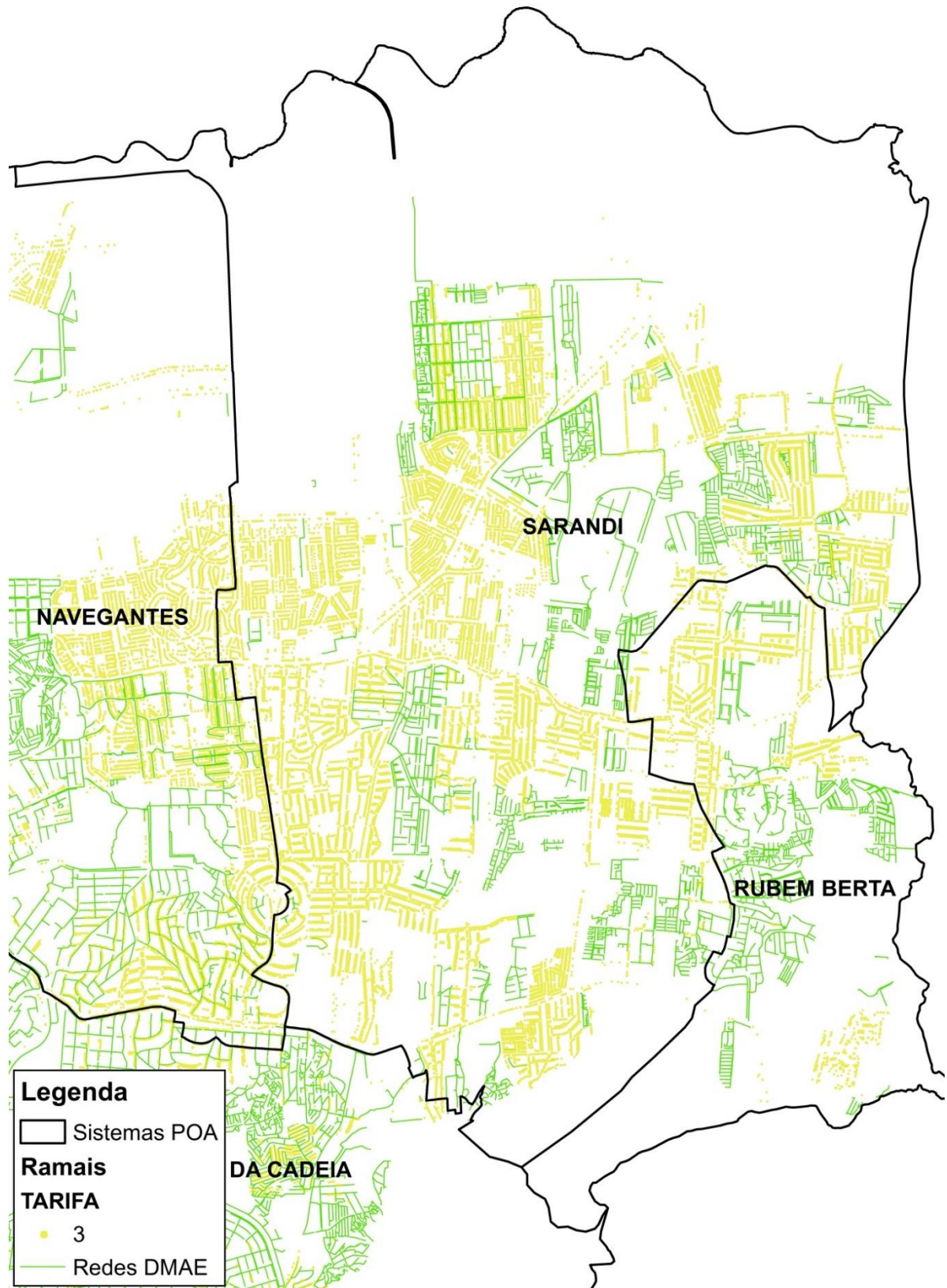
Analisando os dados da Tabela 1, constatou-se que os sistemas de esgotamento que possuem maior porcentagem de ramais ligados à rede pluvial são o SES Sarandi, SES Navegantes e SES Cavanhada. Já na Tabela 2, nota-se que os mesmos sistemas apresentam as maiores taxas de ramais ligados indevidamente, com diversos casos de não adesão à rede cloacal já executada e também grandes áreas sem infraestrutura de rede cloacal, como se pode ver nas figuras 14 a 16.

Figura 13 – Gráfico representando os Ramais por Tarifa



(fonte: elaborada pela autora)

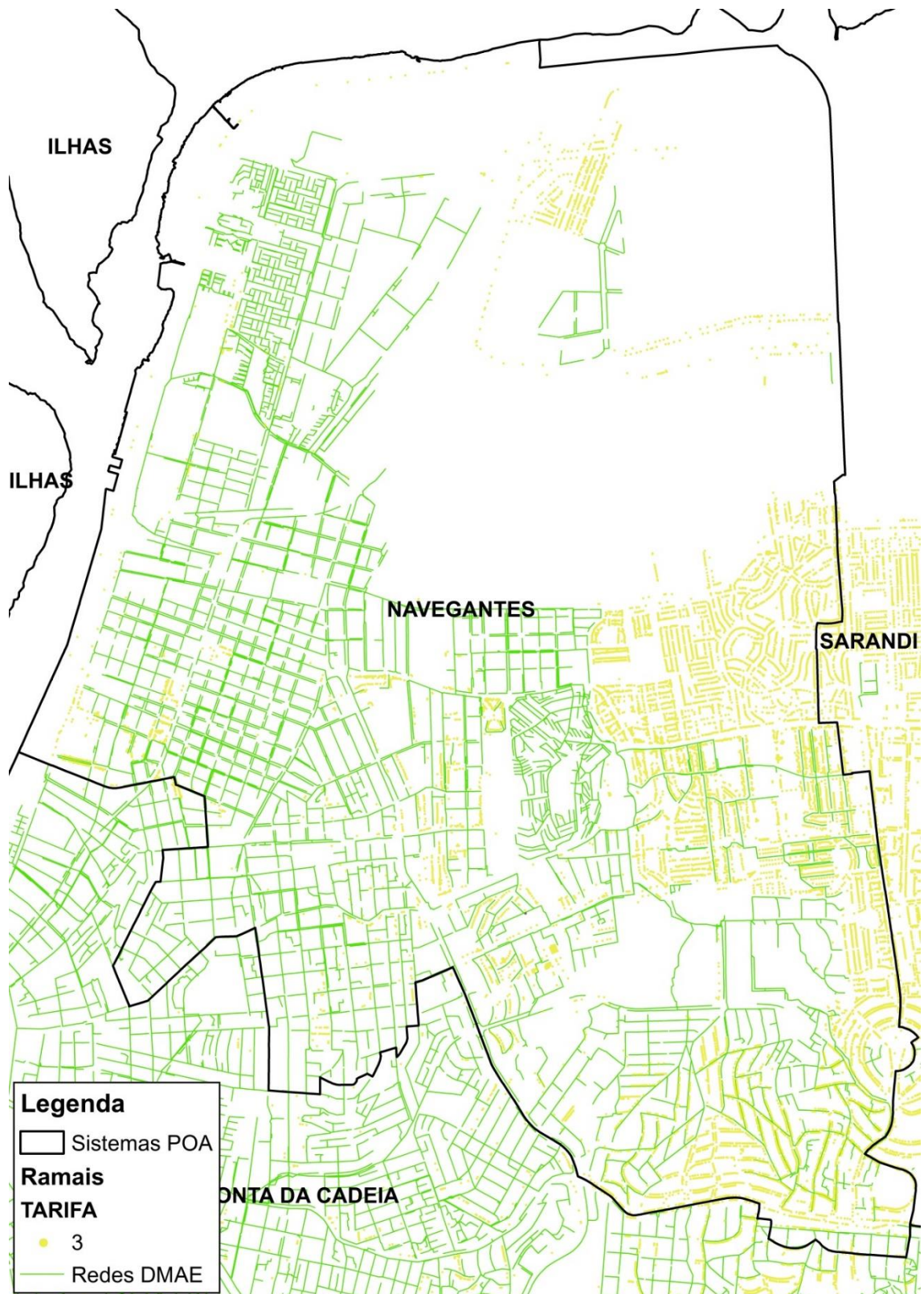
Figura 14 – Ramais Tarifa 3 e Redes de Esgoto Cloacal no SES Sarandi



(fonte: elaborada pela autora)

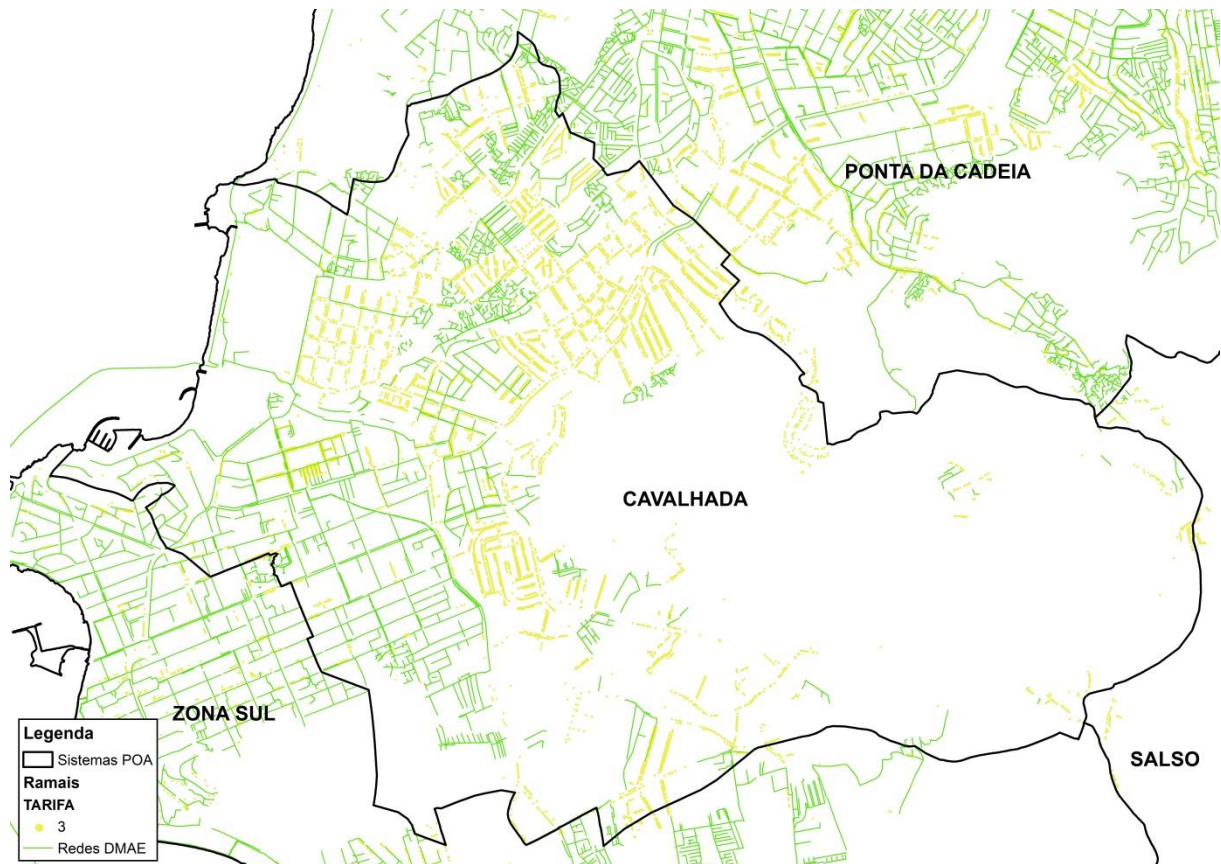


Figura 15 – Ramais Tarifa 3 e Redes de Esgoto Cloacal no SES Navegantes



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 16 – Ramais Tarifa 3 e Redes de Esgoto Cloacal no SES Cavalhada



(fonte: elaborada pela autora)

Em locais onde uma parcela significativa de ramais não foi ligada a rede cloacal a solução adequada exige grande volume de estudo e obras de grande magnitude. Dessa forma, como solução alternativa surge a interceptação da rede pluvial, desviando uma parcela da vazão para a rede cloacal. Tal solução, se viável, requer menos intervenções e pode ser utilizada como solução para o tratamento desta parcela de esgoto, que em tempo seco se constitui apenas pelas contribuições domésticas, acelerando a recuperação do corpo hídrico.

Além disso, em sistemas de esgotamento onde há pouca ou nenhuma infraestrutura de rede cloacal, a utilização das redes pluviais transitoriamente como mistas torna mais organizada a implantação do sistema separador absoluto, fazendo com que menos esgoto seja despejado in natura nos mananciais enquanto não são concluídos os projetos e a execução das obras da rede cloacal.

Outra sugestão é modificar o sistema de cobrança de tarifa, de forma que quando a vazão de uma área for desviada para tratamento uma porcentagem da arrecadação gerada por estes ramais passe a ser remetida ao DMAE, podendo então ser utilizada na implantação de redes de esgotamento cloacal.

## **8 MOTIVOS PARA NÃO ADESÃO À REDE CLOACAL**

Segundo Obraczka e Leal (2015), quando se tratando de sistemas de esgotamento sanitário, as ligações domiciliares podem vir a ser grandes problemas, já que sua eventual não ligação à rede coletora diminui consideravelmente o rendimento esperado de um sistema de esgotamento sanitário. A não ligação acontece devido à frequência em que são encontradas situações como a existência de soleiras baixas ou edificações ribeirinhas com despejos diretamente nos mananciais, que dificultam a ligação à rede cloacal. Dessa forma, mesmo em locais onde existe rede de esgotamento sanitário, por vezes alguns ramais não são ligados à mesma. Os motivos pelos quais isso acontece dependem das particularidades de cada local e população. Em alguns locais a conexão à rede pública, mesmo que possível, não é considerada prioritária ou necessária pelos moradores.

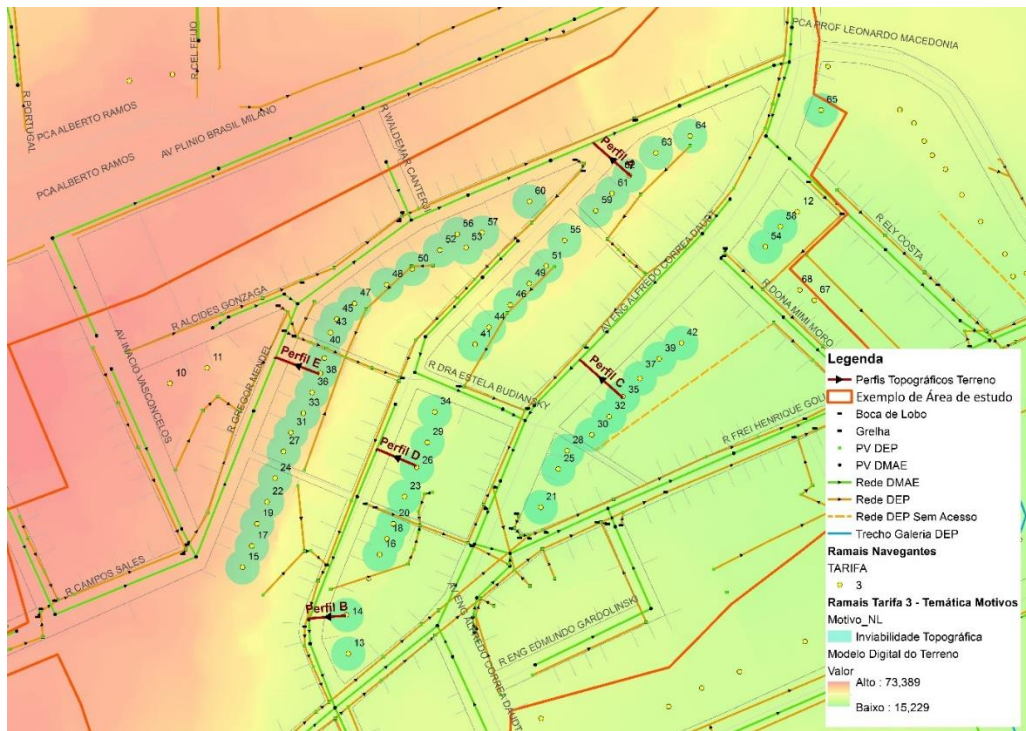
Não foi encontrado para Porto Alegre um registro formal dos motivos pelos quais ligações não foram efetuadas. Para algumas obras executadas estes motivos foram registrados e para outras não, porém pode-se estimar alguns deles através da análise do terreno e cadastro. A determinação destes motivos não é simples, pois podem ser técnicos, como o caso de não ligação devido a interferências não previstas, ou também socioeconômicos, como a recusa dos moradores ou até mesmo impedimento da execução da obra, principalmente em áreas periféricas.

Por meio da análise de algumas regiões da cidade foi possível encontrar três prováveis motivos técnicos para a não ligação de ramais: inviabilidade topográfica, interferências no solo e não existência de rede cloacal no trecho do logradouro, como se pode ver no exemplo da Figura 17. Nas figuras que seguem os ramais foram numerados apenas para sua identificação, não respeitando a numeração do logradouro. Casos onde não há rede cloacal na rua não serão abordados pois como não existe rede cloacal não existe possibilidade de ligação.



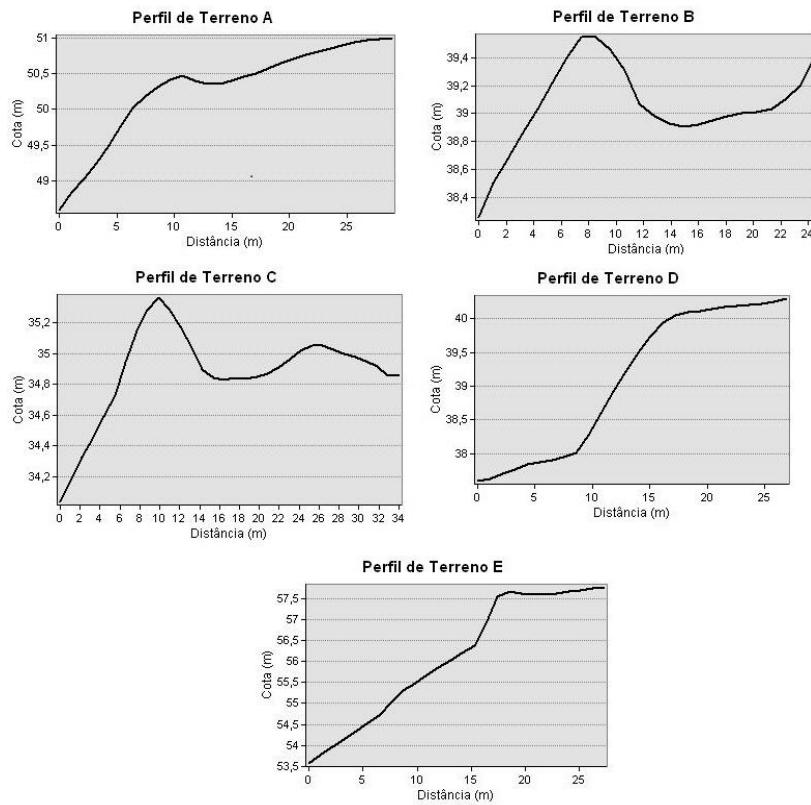


Figura 18 – Ramais não ligados por provável inviabilidade topográfica



(fonte: elaborada pela autora)

Figura 19 – Perfis de Terreno



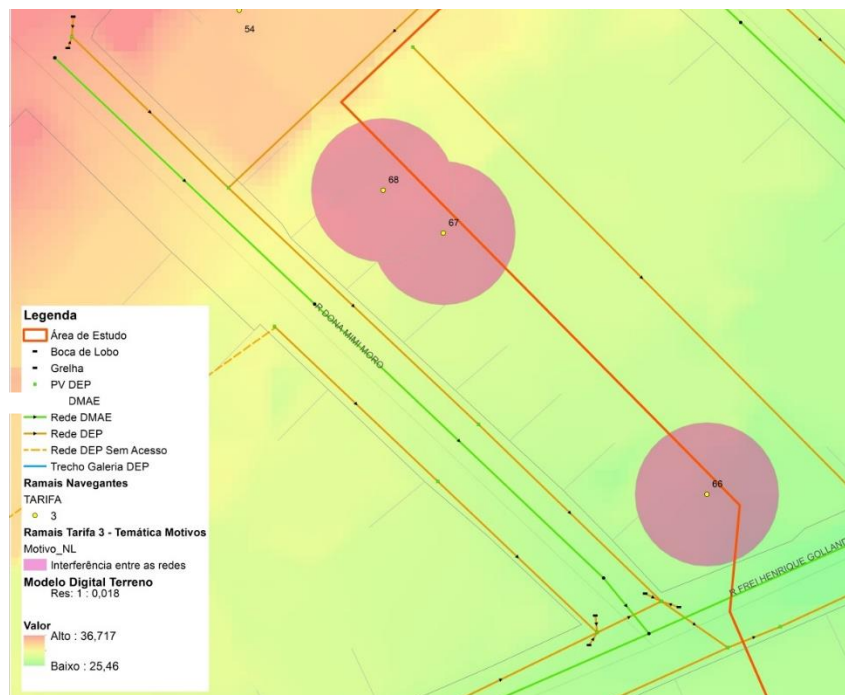
(fonte: elaborada pela autora)

## 8.2 INTERFERÊNCIA NÃO PREVISTA

Em alguns locais podem existir interferências entre a saída das residências e a rede cloacal como, por exemplo, redes de água, redes de esgoto pluvial e esgoto cloacal, redes de telefonia, redes de gás, redes de energia elétrica e postes de iluminação. Na etapa de projeto devem ser previstas tais interferências através do estudo de cadastro e levantamentos de campo. Porém, algumas vezes este estudo não é realizado ou é realizado com informações incompletas ou imprecisas, além de que podem existir redes antigas fora de funcionamento que não constam mais nesses cadastros.

Dessa forma, algumas ligações de esgoto cloacal previstas em projeto podem deixar de ser executadas devido a interferências externas, como exemplificado na figura 20. Para os ramais deste exemplo existem duas possibilidades, a de terem sido ligados no coletor de fundos em virtude da declividade dos terrenos e a de não terem sido ligados na rede cloacal por interferência da rede pluvial existente entre as residências e a rede do DMAE. A fim de tentar identificar se o motivo da não ligação neste caso foi a interferência, foi necessário realizar a análise do cadastro de ambas as redes, cloacal e pluvial.

Figura 20 – Exemplo de prováveis ramais não ligados devido a interferências externas.



(fonte: elaborada pela autora)



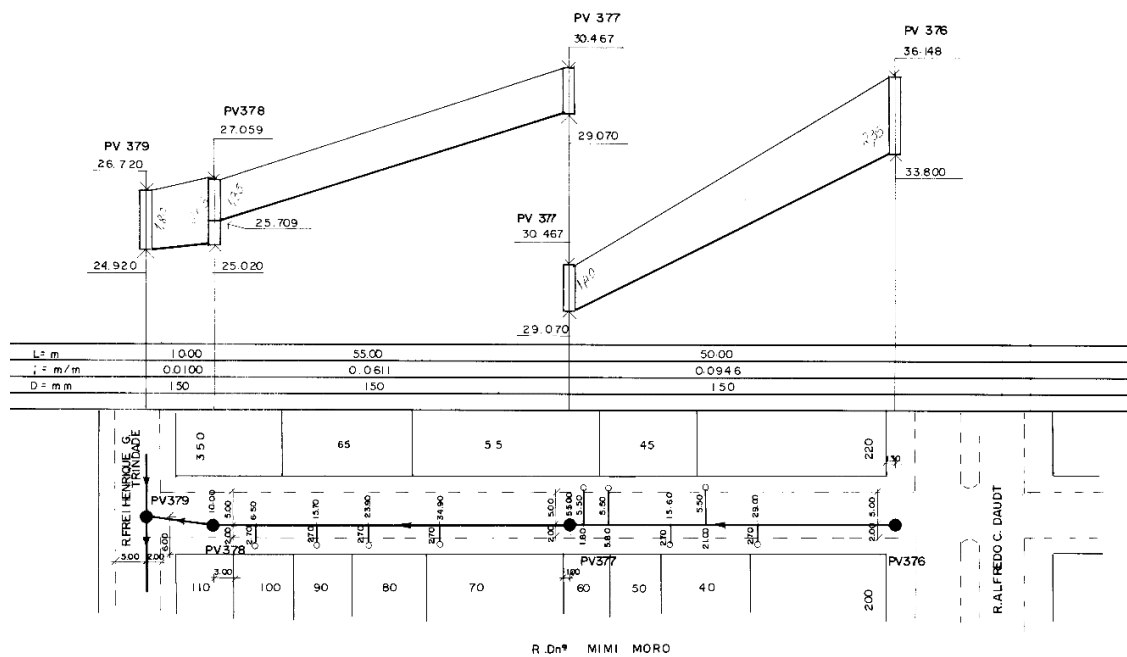
O cadastro da rede cloacal encontrado foi de fácil acesso, tanto a planta baixa quanto os perfis, já o cadastro da rede pluvial foi de difícil leitura, além de que informações sobre a profundidade de um dos poços de visita não foram encontradas. Nas figuras 21 e 22 é possível observar o cadastro do trecho da rede pluvial e cloacal em questão.

Figura 21 – Cadastro de redes pluviais na região



(Fonte: DEP, adaptado)

Figura 22 – Cadastro de rede cloacal na região



(fonte: DMAE, adaptado)

Falhas e inconsistências no cadastro não são incidentes isolados, mas sim frequentes. Quando se trata de projetos subterrâneos, isso dificulta o desenvolvimento de projetos totalmente executáveis e funcionais, contribuindo para o aumento das interconexões entre redes e conseqüentemente com o mau desempenho dos sistemas.

### 8.3 SOLUÇÕES USUAIS

Mediante análise de situações de não adesão de ramais à rede cloacal, constatou-se que um grande número de ligações provavelmente não pôde ser efetuada devido à desfavorável declividade dos terrenos. Segundo a NBR 9.649/86, não se deve aprofundar a rede coletora para atendimento específico destes casos, pois para viabilizar este tipo de ligação seriam necessários coletores mais profundos, os quais resultariam na necessidade de estações elevatórias de esgoto, aumentando consideravelmente as despesas.

Além de dificuldades técnicas, é necessário ressaltar que questões históricas e socioculturais também influenciam no grande número de ligações de esgoto incorretas. Na maioria das vezes a construção da rede de esgotamento pluvial precede a de esgotamento cloacal, de forma que as saídas de esgoto das residências são inicialmente conectadas na mesma (OBRACZKA; LEAL, 2015).

Posteriormente, quando no desenvolvimento de redes separadoras, as concessionárias e órgãos públicos partem da premissa de que sua responsabilidade vai apenas até a CAC, ficando a cargo do usuário providenciar sua ligação à rede. Dessa forma, as redes de esgotamento cloacal existentes seguem sendo subutilizadas devido à dificuldade ou inviabilidade de ligação das mesmas (OBRACZKA; LEAL, 2015). Segundo Obraczka e Leal (2015, p 4), são basicamente dois os motivos que desmotivam os proprietários e moradores a realizar sua ligação as redes públicas:

- a) elevados custos de construção, operação e manutenção bem como os problemas/incômodos acarretados pela mudança do sistema interno para viabilizar a ligação no ponto desejado;
- b) o problema de esgotamento já se encontra de certa forma “resolvido”: o esgoto é “afastado” para longe da residência, saindo pelos fundos da mesma, lançado em algum rio ou córrego ou através de ligação a rede de águas pluviais ou ainda através de infiltração no solo (sumidouro).

Os mesmos autores desenvolveram também um resumo de algumas soluções que são usualmente utilizadas para viabilizar ligações problemáticas, apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Soluções para ligação a rede ou destinação dos efluentes em localidades problemáticas

| Tipo  | Aplicação   | Funcionamento  | Vantagens  | Desvantagens  |
|---|---|--|--|---|
| Recalque  | Prédios/edificações com garagem ou pavimentos situados abaixo do nível da rua. Soleira baixa.   | As águas servidas são bombeadas por meio de um sistema interno para uma caixa de onde é possível interligar-se a rede pública por gravidade. | Atendem qualquer desnível ou distância   | Soluções mais dispendiosas pelo equipamento necessário e custos de manutenção e energia, usualmente só acessíveis, a edificações formais em áreas mais nobres da cidade (Pereira, 2010).      |
| Sistemas com duas ou mais edificações                 | Áreas onde o sistema viário/acesso convencional para assentamento da rede é precário para atender/esgotar as moradias;  | Rede lançada internamente e percorrendo os lotes até um determinado ponto onde é viável sua ligação a rede convencional.                     | Especialmente em áreas mais carentes da região NE do Brasil há casos de opção por esse tipo de rede, visando tão somente minimizar custos (Pereira, 2010). | Questões de manutenção e operação, brigas de vizinhos e muitos outros.  |
| Sistemas/soluções individuais                         | Áreas rurais e menos urbanizadas; Áreas desprovidas sistema de esgotos; Áreas anteriormente de ocupação menos densa, mas que sofreram uma rápida urbanização sem a implantação de infraestrutura compatível; Áreas onde lençol freático é mais profundo (FUNASA, 2006; Monteiro, 2011). | Utilizam um dispositivo ou a combinação em série de dois ou três dispositivos como fossa, filtro, sumidouro e banhado construído.            | Vem sendo utilizada indiscriminadamente por usualmente aliarem baixo custo de implantação e operação.  | Poluição do solo e lençol freático; Baixa eficiência; Dificuldade de mudança do sistema em funcionamento para um sistema coletivo (rede coletora); Entupimentos devido à falta de manutenção. |
| Ligação no sistema de águas pluviais ou corpo hídrico | Infiltração no terreno e o uso de sumidouro são inviáveis pela superficialidade do lençol; Falta de espaço interno para acomodar o sistema/solução individual.  | A ligação domiciliar é usualmente feita na rede de drenagem ou lançamento é feito diretamente no próprio corpo receptor.                     | Não exige nenhuma manutenção   | Poluição dos corpos hídricos e piora da qualidade sanitária e ambiental; Possibilidade de retorno para o interior da moradia.   |

(fonte: OBRACZKA; LEAL, 2015, adaptado)

A solução proposta pelo presente trabalho de utilizar interceptores de vazão nas redes pluviais não se encontra citada pelos autores, muito provavelmente, pois ainda existe preconceito com

a utilização desta técnica. Da mesma forma que as outras soluções apresentadas, existem vantagens e desvantagens na sua utilização, algumas das quais serão apresentadas em seguida.

## **9 INTERCEPTOR E ESTRUTURAS DE DESVIO**

Como visto anteriormente, a utilização de um interceptor fazendo o desvio do esgoto da rede pluvial para a rede cloacal em tempo seco é uma solução para encaminhar os esgotos para tratamento. Esta solução pode ser aplicada como provisória até que exista a viabilidade técnica e econômica da ligação dos ramais na rede cloacal. Além disso, em locais onde ainda não existe rede cloacal a utilização de interceptores possibilita um encaminhamento mais rápido do esgoto proveniente das residências para tratamento até que seja desenvolvido e executado o projeto na área.

Outros municípios localizados também no Rio Grande do Sul já se valem de técnicas similares, um exemplo é o município de Caxias do Sul. Para estudo deste tipo de instalação foi realizada uma visita técnica ao município guiada por engenheiros da SAMAE. Até o ano de 1996 em Caxias do Sul existiam apenas quatro quilômetros de rede separadora absoluta, cuja destinação era diretamente um corpo hídrico. Observando que a implantação direta de uma rede separadora absoluta seria muito onerosa, entre outros fatores, pela cidade apresentar solos rochosos, os projetos de esgotamento sanitário foram adiados e foi dada prioridade ao abastecimento de água (FRIZZO; EKMAN, 2000).

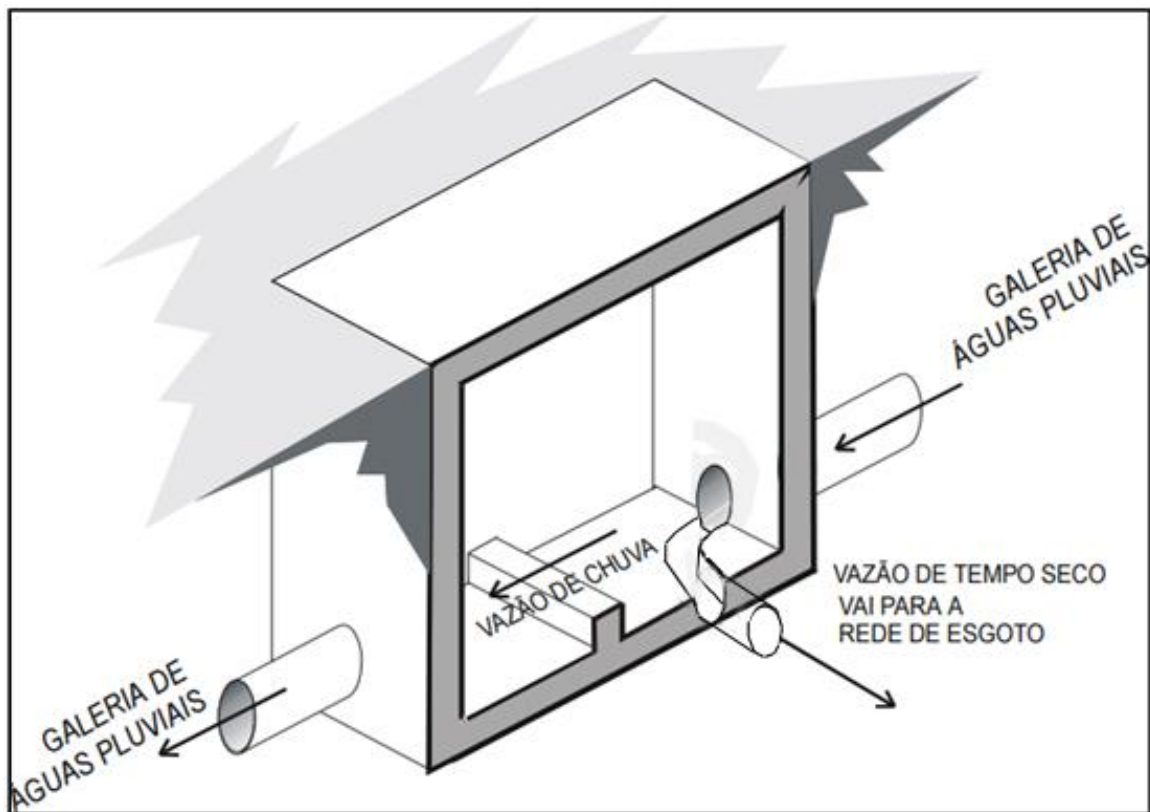
Frente à preocupação com o futuro da cidade, o SAMAE contratou então o Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, para a elaboração de um Plano Diretor de Esgotamento Sanitário, do qual fez parte a utilização de soluções comuns de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, aproveitando trechos de redes pluviais existentes, pois se priorizou a adoção de estratégias integradas contemplando o Esgotamento Sanitário e a Drenagem Urbana (FRIZZO; EKMAN, 2000).

Como já existia a rede coletora unitária ou mista e a implantação de um sistema separador absoluto se apresentou muito onerosa, as estratégias adotadas previram o aproveitamento da rede unitária existente em locais com urbanização intensa, com implantação gradativa de coletores tronco separadores absolutos, onde o excedente de vazão gerado por chuvas

expressivas é encaminhado diretamente para o sistema de drenagem (FRIZZO; EKMAN, 2000).

A solução adotada por Caxias é a mesma proposta por este trabalho. Utilizando um coletor tronco, pretende-se desviar parte do esgoto que escoa pela rede pluvial para a rede cloacal, encaminhando então esta parcela para tratamento. Uma das soluções que pode ser adotada para desvio da vazão é um desnível na galeria pluvial, onde é feita a conexão do coletor tronco. Esta disposição pode ser observada nas figuras 23 a 25 a seguir.

Figura 23 – Esquema demonstrando o funcionamento de um dispositivo de interceptação



(fonte: D'ALCANTARA et al, 2005, adaptado)



Figura 24 – Vista interna do Poço de Visita onde ocorre a interceptação



(fonte: foto da autora)

Figura 25 – Vista interna do Poço de Visita logo após a interceptação



(fonte: foto da autora)

Na figura 24, nota-se que para a utilização deste tipo de desvio se utiliza um gradeamento na saída da rede pluvial para o coletor, exigindo manutenção periódica que consiste na retirada e limpeza da grade. É importante ressaltar que por mais que a manutenção exija uma grande frequência, o custo é inferior ao da limpeza de uma fossa séptica e filtro, por exemplo, pois pode ser realizado em pouco tempo por uma equipe reduzida e sem a utilização de maquinário.

Ainda, vale ressaltar que em Porto Alegre já foram realizados estudos objetivando avaliar a eficiência da interceptação de esgoto sanitário em rede pluvial em uma bacia hidrológica, sendo avaliada uma diminuição de até 86,7% da carga de DBO lançada em um período de um ano (FADEL; DORNELLES, 2015).

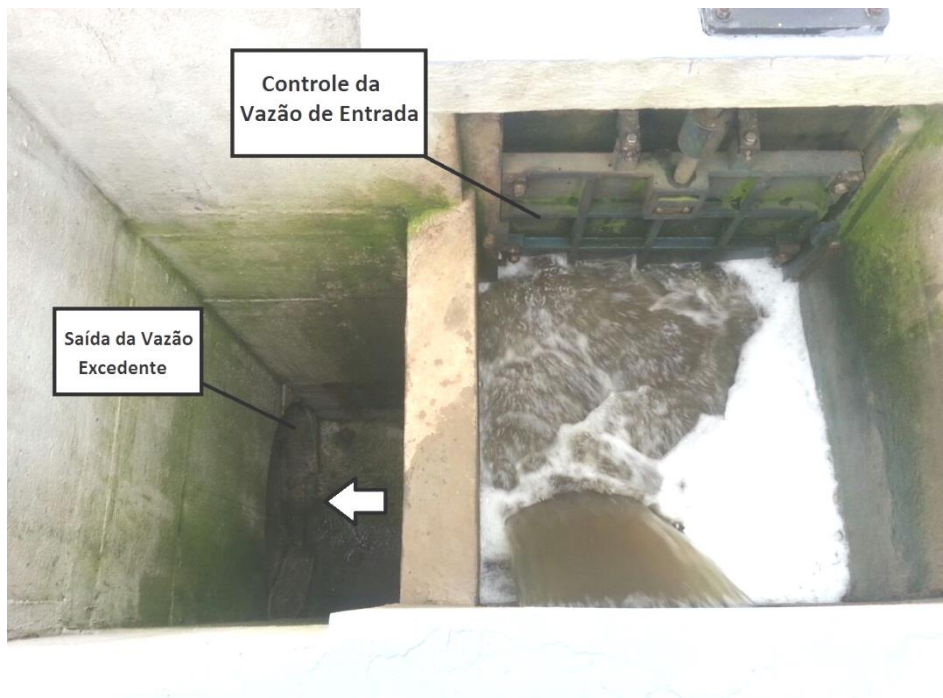
## **10 ASPECTOS A OBSERVAR NA UTILIZAÇÃO DA SOLUÇÃO PROPOSTA**

Na utilização deste tipo de solução é necessário observar diversos aspectos. A seguir, serão apontados alguns deles e discutidos os motivos pelos quais são necessários.

### **10.1 LIMITAÇÃO DA VAZÃO DE CHEGADA NAS ETES**

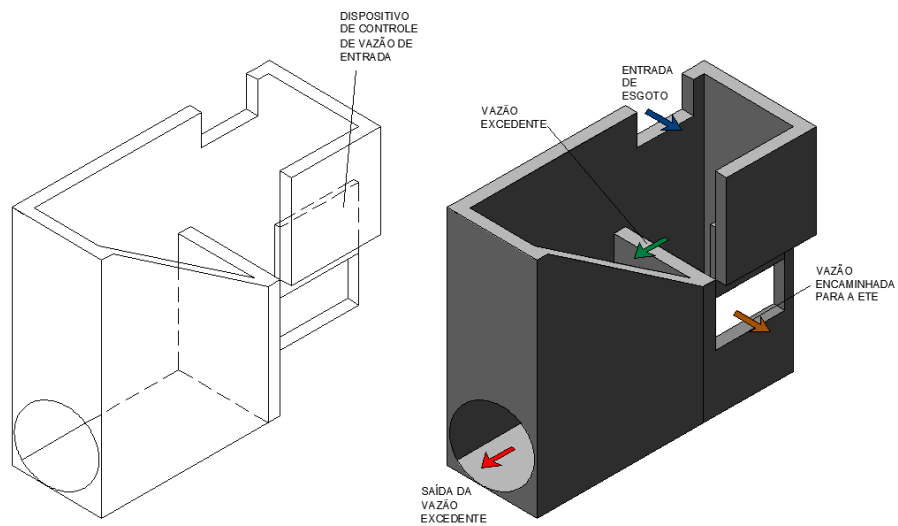
Segundo Frizzo e Ekman (2000), é de extrema importância limitar a parcela de águas pluviais que escoará pela rede em eventos de chuva, além de prever a utilização de bacias de detenção (que podem auxiliar no controle de cheias), ou caixas limitadoras de vazão, como a das figuras 26 e 27, na entrada das estações de tratamento visando evitar a sobrecarga destas estações. Por meio da utilização destas caixas, além do controle da vazão de chegada na estação de tratamento também é possível o desvio de parte da vazão diretamente para o corpo hídrico no caso da chegada de vazões maiores que as previstas.

Figura 26 – Caixa Limitadora de Vazão com conduto Extravasor na entrada de ETE em Caxias do Sul



(fonte: foto da autora)

Figura 27 – Esquema Demonstrativo de Caixa Limitadora de Vazão na Entrada de uma ETE



(fonte: elaborada pela autora)



## 10.2 GRADEAMENTO NA SAÍDA PARA A REDE PLUVIAL

É importante a utilização de estruturas que impeçam sólidos maiores de ingressar nas redes cloacais, que possuem menor diâmetro. Pode ser utilizado, por exemplo, um gradeamento móvel. Este tipo de estrutura necessita limpeza frequente, porém, esta pode ser realizada manualmente sem necessitar de grande mão de obra.

## 10.3 ADEQUAÇÃO DE BOCAS DE LOBO E DEMAIS SINGULARIDADES

Segundo o Grupo de Trabalho Solução Mista de Esgotamento Sanitário (2016), as bocas de lobo e quaisquer outras singularidades da rede pluvial a ser utilizada como mista deverão possuir dispositivos para minimizar o contato direto da população com o efluente transportado. De acordo com Madeira (2012 *apud* Benetti et al, 2005), em períodos de pouca chuva pode ocorrer o depósito de matéria orgânica nas redes, principalmente em áreas planas. Estes materiais podem iniciar sua decomposição, dependendo do ambiente em que se encontram, gerando gases que acabam por ser liberados através das bocas de lobo.

Segundo Madeira (2012), já existem soluções adequadas para evitar a saída destes gases pelas bocas de lobo que se utilizam do efeito chamado fecho hídrico, onde uma parcela de líquido permanece na tubulação, impedindo a passagem dos gases. A utilização destes sistemas além de oferecer proteção contra o mau cheiro também diminui o entupimento das bocas de lobo, é de fácil instalação, evita o acesso de insetos e outros animais à rede, tem alta resistência a intempéries e superior capacidade de vazão quando comparada aos sistemas convencionais. Na figura 28 está um exemplo deste tipo de estrutura em operação.

Figura 28 – Caixa Ecológica para Esgotos



(fonte: Madeira, 2012 *apud* WITTLER, 2012)

## 11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma melhora nas condições de esgotamento é de grande importância, pois, além de trazer benefícios diretos para a população em si e para o meio ambiente, tem como resultado grandes benefícios econômicos, já que são reduzidos expressivamente os gastos com saúde pública e recuperação de mananciais, por exemplo (EX ANTE, 2014).

Em áreas onde o sistema separador já foi implantado, porém ainda existem residências ligadas à rede pluvial, é possível que ainda sejam enviadas contribuições de esgoto sem tratamento para os recursos hídricos. Para evitar que isto ocorra são possíveis as seguintes alternativas: a viabilização da ligação dos ramais à rede cloacal e o projeto de redes cloacais coletoras de fundos. Com a urbanização intensa da cidade isso se torna inviável ou extremamente dispendioso, necessitando também de grande volume de estudo. Sendo assim, torna-se necessária ou a fiscalização rígida das soluções individuais de tratamento ou a utilização de soluções como a proposta pelo presente trabalho, até que se possua uma solução permanente viável técnica e economicamente.

A interceptação de vazões em pontos estratégicos da rede pluvial é capaz de aumentar o volume de esgoto cloacal enviado para tratamento, podendo ser a mesma utilizada tanto em áreas com sistema separador já implantado com ramais sem viabilidade de conexão quanto em áreas onde existe apenas a rede pluvial, como etapa de transição. Neste segundo caso, vale ainda ressaltar que a infraestrutura de coletores com destino à ETEs poderá ser posteriormente utilizada quando implantada a rede cloacal.

Por meio da utilização desta solução acredita-se ser possível diminuir expressivamente a vazão de esgotos domésticos enviada sem tratamento para os corpos hídricos, priorizando sua qualidade, além de angariar fundos e ganhar tempo para a melhor elaboração de projetos e execução de redes separadoras absolutas.

Como desvantagem, pode-se apontar que haverá maior diluição do efluente que chega às ETEs, aumentando os custos de seu tratamento. Porém, acredita-se que como solução transitória os benefícios obtidos pelo melhor planejamento e estudo das redes cloacais sejam de maior interesse.

Uma mudança na forma de cobrança de tarifa, embora seja de difícil aceitação e implementação, seria mais um passo em direção à gestão integrada dos recursos hídricos. Esta integração da gestão é de extrema importância, especialmente tendo em vista que os recursos hídricos se encontram cada vez mais comprometidos e não respeitam limites políticos, estando integrados entre si em grande escala.

## 12 BIBLIOGRAFIA

\_\_\_\_\_. Lei Federal n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 30 out. 2016.

\_\_\_\_\_. Decreto n. 9.369, de 29 de dezembro de 1988. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Regulamenta a Lei Complementar n. ° 170 de 31-12-87, alterada parcialmente pela Lei Complementar n. ° 180 de 18-08-88, a qual estabelecem normas para instalações hidrossanitárias e serviços públicos de abastecimento de água e esgoto sanitário prestados pelo Departamento Municipal de Água e Esgotos. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu\\_doc/cip9369-decreto.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/cip9369-decreto.pdf)>. Acesso em: 23 mai. 2017.

\_\_\_\_\_. Lei Complementar n. 206, de 28 de dezembro de 1989. Prefeitura Municipal de Porto Alegre. Altera dispositivos da Lei Complementar n. ° 170 de 24-12-87, alterada parcialmente pela Lei Complementar n. ° 180 de 18-08-88, que estabelece normas de instalações hidrossanitárias e tarifárias para o serviço de abastecimento de água e coleta de esgotos do município de Porto Alegre e dá outras providências.

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

BERNARDES, R.S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos Combinados e Controle da Poluição: Estratégia para Planejamento do Tratamento da Mistura de Esgotos Sanitários e Águas Pluviais**. Brasília: CAIXA, 2004.

COMPANHIA ESPÍRITO SANTENSE DE SANEAMENTO (CESAN). **Redes de esgoto e redes de drenagem: você sabe a diferença?**. Vitória, 2014. Disponível em: <<https://www.cesan.com.br/noticias/redes-de-esgoto-e-redes-de-drenagem-voce-sabe-a-diferenca-2/>>. Acesso em: 19 jul. 2017.

D'ALCANTARA, W.; ROSSO, T. C.; GIORDANO, G. **Tomada de tempo seco: benefícios e riscos - Estudo de caso: Vulnerabilidade do sistema de coleta de esgotos da bacia de contribuição da Lagoa Rodrigo de Freitas**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-056.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2017.

DIAS, A.P.; ROSSO, T.C.A. Análise dos Elementos Atípicos do Sistema de Esgoto – Separador Absoluto – na Cidade do Rio de Janeiro. **ENGEVISTA**, v. 13, n. 3. p. 177-192, dez. 2011.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Water. **Onsite Wastewater Treatment Systems Manual**. Washington, D.C., 2002.

EX ANTE Consultoria Econômica. **Trata Brasil: Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento**, 2014.

FADEL, A. W; DORNELLES, F. **Eficiência da interceptação de esgoto sanitário em rede pluvial na bacia do Arroio Capivara – Porto Alegre/RS.** In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos vol. 20 no.4. Porto Alegre out./dez. 2015 p. 970 – 979.

FRIZZO, E. E.; EKMAN, M. C. S. **Plano Diretor de Esgotamento do Município de Caxias do Sul.** Caxias do Sul: Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto de Caxias do Sul, mar. 2000, Caxias do Sul. < <http://docplayer.com.br/15513599-Titulo-do-trabalho-plano-diretor-de-esgotamento-sanitario-de-caxias-do-sul-autores-edio-eloi-frizzo-e-mail-maria-do-carmo-suita-ekman-e-mail.html>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Trata Brasil: Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento nas Principais Cidades Brasileiras,** Rio de Janeiro, 2009.

GEHLING, G.R.; BENETTI, A.D. Aceitabilidade de Sistema Combinado de Esgotos em Planos Diretores de Esgotamento Sanitário. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XVI. 2005, João Pessoa, **Anais...**, [S.L.: s.n.] p. 1-12.

GT SOLUÇÃO MISTA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO. **Diretrizes Gerais Para a Adoção da Solução Mista.** Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www.sop.rs.gov.br/conteudo/1755/gt-solucao-mista-de-esgotamento-sanitario>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

IDE, C. N. **Qualidade da drenagem pluvial urbana da Bacia dos Açorianos.** 1984. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MADEIRA, D. G. **Implantação Progressiva da Rede de Esgoto Sanitário Separadora Absoluta no Município de Flores da Cunha - RS.** 86 f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

OBRACZKA, M.; LEAL, I. F. **Relação entre as Ligações Domiciliares de Esgoto e a Real Abrangência do Sistema de Coleta: O estudo de Caso de Barra do Piraí, RJ.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, XXI. Brasília, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico.** Porto Alegre, dez. 2015. Disponível em: <<http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae>>. Acesso em: 04 jun. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Porto Alegre em Análise: Sistema de gestão e análise de indicadores.** Porto Alegre, 2010. Disponível em: <<http://portoalegreemanalise.procempa.com.br>>. Acesso em: 30 mai. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, DEPARTAMENTO DE ESGOTOS PLUVIAIS. **PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA: Manual de Drenagem Urbana.** Porto Alegre. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, DMAE. **Dados Gerais Edição 2016.** Porto Alegre, 2016. Disponível em:

<[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=2&p\\_secao=415](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?reg=2&p_secao=415)>. Acesso em: 04 jun. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE, DMAE. **NP012 Norma de Projeto de Redes Coletoras de Esgotamento Sanitário**. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p\\_secao=232](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=232)>. Acesso em: 04 jun. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **DEP - Legislação**. Porto Alegre, 2017a. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p\\_secao=60](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=60)>. Acesso em: 19 jul. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Fórmula de cálculo do serviço de esgoto**. Porto Alegre, 2017b. Disponível em: <[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p\\_secao=180](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_secao=180)>. Acesso em: 19 jul. 2017.

SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (2015) **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2014**. Disponível em <<http://www.snis.gov.br>>. Acesso 18 jul. 2017.

TSUTIYA, M.T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. Ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica de São Paulo, 2000.

TSUTIYA, M.T.; BUENO, R. C. R. Contribuição de águas pluviais em sistemas de esgoto sanitário no Brasil. **Revista Água Latinoamérica**, Tucson, v. 4, n. 4, p 20-25, jul. /ago. 2004.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Vol 5. ABRH, 1995.

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Brasília: Ministério das Cidades, out. 2005. **Saneamento para Todos, Programa de Modernização do Setor de Saneamento v. 4**. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>>. Acesso em: 14 nov, 2016

TUCCI, C. E. M. **Gerenciamento da Drenagem Urbana**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, p. 5-27, 2002.

WARTCHOW, D.; DORNELES, I. **A adoção do sistema de esgotamento do tipo unitário ou misto, como alternativa sanitária e ambiental**. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE SANEAMENTO, 4. 1990, Belo Horizonte, **Anais...**, [S.L.: s.n.] p. 1-17.

WARTCHOW, D. **Operação de Um Sistema de Esgotamento Sanitário do Tipo Misto: Alternativa Ambiental, Social, Econômica e da Política**. 2013.

WARTCHOW, D. **Recomendações para a escolha do Sistema de Esgotos (Sistema Separador Absoluto ou Misto)**, 198-.