



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**ARTHUR MACHADO SOUZA**  
**EDUARDO FERNANDES DA LUZ**

**ESTUDO DE CASO:**  
**VARIAÇÃO DA VAZÃO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO**  
**MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC**

**Tubarão**  
**2017**

**ARTHUR MACHADO SOUZA**  
**EDUARDO FERNANDES DA LUZ**

**ESTUDO DE CASO:**  
**VARIAÇÃO DA VAZÃO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO**  
**MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia.

Orientadora: Prof. MSc. Madelon Rebelo Peters.

Tubarão

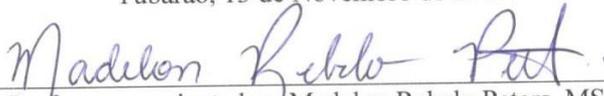


**ARTHUR MACHADO SOUZA**  
**EDUARDO FERNANDES DA LUZ**

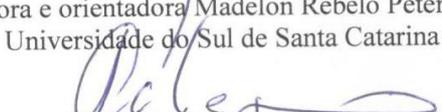
**ESTUDO DE CASO:**  
**VARIAÇÃO DA VAZÃO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO**  
**MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Bacharel em Engenharia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

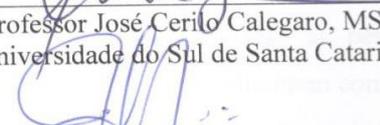
Tubarão, 13 de Novembro de 2017.



Professora e orientadora Madelon Rebelo Peters, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor José Cerilo Calegari, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



Marcelo Fernandes Matos, MSc.  
Engenheiro Civil

Á todas as pessoas que de alguma forma colaboraram com a realização desta pesquisa e em todo o progresso de nossa jornada acadêmica.

## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, por todo o apoio e incentivo, que foram indispensáveis ao longo da minha caminhada rumo à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

À UNISUL, por ter me dado a oportunidade de realizar este curso.

Ao corpo docente desta universidade, especialmente à professora Madelon Rebelo Peters, por toda colaboração e orientação na elaboração desta monografia.

Ao meu amigo Eduardo, que esteve ao meu lado nesses 5 anos de estudos e com quem tive a honra de poder realizar em conjunto este trabalho.

Arthur Machado Souza

Agradeço primeiramente à minha família que não mediu esforços para oportunizar a concretização do meu sonho durante minha jornada acadêmica.

À instituição, que abriu as portas para o ingresso neste curso, e ao corpo docente, em especial à minha orientadora, Madelon Rebelo Peters, que nos mostrou os caminhos para a realização desta pesquisa.

Ao Arthur, que fez tudo parecer mais tranquilo no decorrer desses 5 anos de graduação e com quem tive a oportunidade de elaborar essa pesquisa.

Eduardo Fernandes da Luz

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”  
(Albert Einstein).

## RESUMO

A situação precária em que se encontram as condições de saneamento ambiental no Brasil, especialmente se tratando de coleta, transporte e tratamento de esgoto, exige atenção, para que mais pesquisas sejam voltadas para esse foco. O tratamento de esgotos é um indicador que está diretamente ligado à saúde pública, à qualidade de vida dos cidadãos e à dos cursos hídricos. A implantação de um sistema de tratamento de esgoto proporciona o avanço para um município, e sua concepção deve ser realizada com planejamento para que os parâmetros e critérios adotados no projeto condigam com a realidade. A taxa de infiltração contribui expressivamente para a composição das vazões de um sistema de tratamento de esgotos, consequentemente influencia direta e significativamente no dimensionamento das estruturas. Normalmente são empregados, para taxas de infiltração, valores extraídos de literaturas que podem variar de 0,05 a 1,00 l/s.km, visto que os valores apresentam elevada amplitude e não correspondem às áreas onde serão implantados os sistemas, conhecer o real valor para contribuições de infiltração torna mais preciso o projeto desses sistemas. Essa pesquisa apresenta um estudo de caso que visa relacionar os índices pluviométricos às variações de vazão na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) no município de Gravatal/SC. Para tanto, fez-se o monitoramento dos volumes de efluentes tratados na ETE, efetivado através de um medidor eletromagnético, além do acompanhamento das precipitações que ocorreram no período estudado, por meio de um pluviômetro. Os valores obtidos nesse monitoramento foram aplicados à metodologia de Metcalf e Eddy (1991) que relaciona a diferença de vazão em dias secos e chuvosos à extensão total de rede coletora de esgotos, com a finalidade de encontrar os valores para contribuição de infiltração. Para conhecer a extensão total de rede que coleta e transporta os efluentes no município, realizou-se um trabalho de campo onde foi mapeada toda rede. Os resultados encontrados possibilitam a análise da influência das águas de infiltração nas vazões de esgoto e apresentam adequação, quanto à taxa de infiltração no sistema implantado no município de Gravatal.

Palavras-chave: Infiltração. Sistema de Esgotamento Sanitário. Rede Coletora. Vazões de Esgoto. Precipitação.

## ABSTRACT

The precarious situation of Brazil's environmental sanitation, especially regarding collection, transportation and sewage treatment, requires attention, so that more research is focused on this issue. The sewage treatment is an indicator that is directly linked to public health, the life quality of citizens and water courses. The installation of a sewage treatment system provides the advance of a county, and its design must be carried out with planning, so that the parameters and criteria adopted on the project can fit the county's reality. The infiltration rate significantly contributes to the composition of the flows of a sewage treatment system, consequently, it influences directly and significantly the design of the structures. Typically, for infiltration rates, values extracted from literature are used, which can vary from 0,05 to 1,00 l/s.km, since the values present high amplitude and do not correspond to the areas where the systems will be implanted, knowing the real value of the infiltration rates makes the design of these systems more accurate. This research presents a case study, which aims to relate the rainfall indexes to the flow variations at the Sewage Treatment Plant (STP) in the county of Gravatal/SC. In order to do so, the volumes of effluents treated in the STP were monitored, collected using an electromagnetic meter, also the monitoring of rainfall occurrences during the study period, by means of a rain gauge. The values obtained in this monitoring process were applied to the methodology of Metcalf and Eddy (1991) that relates the flow difference in dry and rainy days to the total extension of sewage collection networks, in order to find the values for the infiltration rates. In order to know the total extension of the network that collects and transports the effluents in the county, a field work was carried out where the entire network was mapped. The results allow the analysis of the influence of the infiltration waters in the sewage flows and present adequacy, as well as the infiltration rate in the system implanted in the county of Gravatal.

Keywords: Infiltration. Sanitary Sewer System. Network Collector. Sewage Flows. Precipitation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, distribuído por faixas percentuais.....	26
Figura 2 - Localização do município de Gravatal .....	46
Figura 3 – Macro medidor eletromagnético .....	52
Figura 4 – Painel de controle de vazão e volume de entrada na ETE. ....	53
Figura 5 - Pluviômetro.....	54
Figura 6 – Fluxo de lançamento das bacias da ETE.....	56
Figura 7 – Limites da bacia B, primeira etapa da implantação .....	58
Figura 8 – Limites das bacias da segunda etapa da implantação.....	58
Figura 9 - Estação de Tratamento de Esgoto de Gravatal/SC. ....	60
Figura 10 – Estação de recalque .....	61
Figura 11 – Caixa receptora de esgoto .....	61
Figura 12 - Sistema de gradeamento .....	61
Figura 13 – Caixa retentora de gordura .....	61
Figura 14 - Equalizador .....	62
Figura 15 – Sistema com caixa de areia no RAFA.....	63
Figura 16 – Canalizações no RAFA .....	63
Figura 17 – Superfície do RAFA.....	64
Figura 18 – Queimador de gás metano .....	64
Figura 19 – Sistema de tratamento por lodos ativados em bateladas .....	64
Figura 20 – Tanque de contato (tratamento final) .....	65
Figura 21 – Leito de secagem dos lodos. ....	66
Figura 22 – Lançamento de esgoto tratado no Rio Gravatal .....	66

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentual de domicílios com acesso a rede de esgotamento sanitário e taxa de crescimento do número de economias residenciais, segundo as Grandes Regiões – 2000/2008. .....	24
Gráfico 2 – Climatologia de Gravatal/SC .....	47
Gráfico 3 - Distribuição populacional do município de Gravatal .....	49
Gráfico 4 - Vazão média diária x Tempo .....	70
Gráfico 5 - Precipitação x Tempo.....	71
Gráfico 6 - Variação diária de vazão x precipitação .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Taxas de infiltração, em l/s.km, em redes de esgotos sanitários obtidas por medições ou recomendadas para projetos.....	43
Tabela 2 – Tabela de índices climáticos de Gravatal/SC .....	48
Tabela 3- Distribuição populacional de Gravatal segundo IBGE .....	49
Tabela 4 - Linhas de projeção aritmética para Gravatal.....	50
Tabela 5 - Estimativa populacional urbana no município de Gravatal pelo método aritmético .....	51
Tabela 6 - Dados de entrada para projeção geométrica.....	51
Tabela 7 - Estimativa populacional do município de Gravatal com projeção geométrica .....	51
Tabela 8 - Planilha de acompanhamento de vazão de esgoto e pluviometria .....	54
Tabela 9 – Extensão de rede coletora por bacia e por diâmetro .....	56
Tabela 10 – Características das Estações elevatórias. ....	59
Tabela 11 – Características dos emissários. ....	59
Tabela 12 - Acompanhamento da variação de vazão no sistema de esgotamento sanitário em Gravatal/SC .....	68
Tabela 13 - Amostragem de volume e vazão para o período seco .....	74
Tabela 14 - Classificação dos eventos de precipitação segundo Metcalf e Eddy .....	75
Tabela 15 - Amostragem de volume e vazão para o período chuvoso significativo .....	76

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Declividade mínima admissível para tubulação de esgoto .....	32
Equação 2 – Declividade máxima admissível para tubulação de esgoto .....	33
Equação 3 – Velocidade crítica na tubulação de esgoto.....	33
Equação 4 – Incremento populacional em determinado período .....	35
Equação 5 – População estimada em determinado período pelo método aritmético .....	35
Equação 6 – Crescimento geométrico em determinado período .....	36
Equação 7 – População estimada em determinado período .....	36
Equação 8 – Vazão de esgoto sanitário .....	36
Equação 9 – Vazão de contribuição doméstica de esgoto .....	37
Equação 10 – Crescimento populacional pelo método dos componentes gráficos .....	38
Equação 11 – Coeficiente de retorno: relação esgoto/água.....	39
Equação 12 – Vazão de infiltração para projetos .....	42
Equação 13 – População estimada em determinado período pelo método geométrico.....	51
Equação 14 – Vazão média em dias secos .....	74
Equação 15 – Vazão média em dias com precipitação.....	76
Equação 16 – Taxa de infiltração na tubulação de esgoto.....	77

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

DHAES - Direito Humano à Água e ao Esgotamento Sanitário

EEE - Estação Elevatória de Esgoto

ETE - Estação de Tratamento de Esgoto

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

PMSB - Plano Municipal de Saneamento Básico

PNSB - Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

PV - Poço de Visita

RAFA - Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

TI - Taxa de Infiltração

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
1.1 OBJETIVOS .....	20
1.1.1 Objetivo Geral .....	20
1.1.2 Objetivos Específicos .....	20
1.2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA .....	21
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>22</b>
2.1 SANEAMENTO BÁSICO .....	22
2.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL.....	23
2.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM SANTA CATARINA.....	25
2.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC .....	26
2.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO - DEFINIÇÕES .....	27
2.5 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	28
2.5.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA DE ESGOTO.....	28
2.5.1.1 Rede Coletora .....	28
2.5.1.2 Estação Elevatória .....	29
2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SISTEMAS.....	30
2.5.2.1 Sistema de Tratamento de Esgoto Unitário .....	30
2.5.2.2 Sistema de Tratamento de Esgoto Separador Parcial .....	30
2.5.2.3 Sistema de Tratamento de Esgoto Separador Absoluto.....	31
2.6 PARÂMETROS DE PROJETO .....	31
2.6.1 Levantamento Topográfico.....	31
2.6.2 Profundidades .....	32
2.6.3 Declividades .....	32
2.6.4 Materiais .....	33
2.6.4.1 Tubos em Concreto.....	34
2.6.4.2 Tubos e Conexões em PVC .....	34
2.6.4.3 Tubos em PEAD.....	34
2.6.4.4 Tubos em Ferro Fundido .....	35
2.6.5 Estimativa Populacional .....	35
2.6.5.1 Método da Projeção Aritmética .....	35
2.6.5.2 Método da Projeção Geométrica .....	36
2.6.5.3 Método do Crescimento .....	36

2.6.6 Vazão de Esgoto Sanitário.....	36
2.6.6.1 Esgoto Doméstico.....	37
2.6.6.1.1 População da Área de Projeto (P).....	37
2.6.6.1.2 Contribuição Per Capita (q).....	38
2.6.6.1.3 Coeficiente de Retorno: Relação Esgoto/Água (C).....	39
2.6.6.1.4 Coeficientes de Variação de Vazão (k1, k2 e k3).....	39
2.6.6.2 Despejos Industriais.....	40
2.6.6.3 Infiltrações.....	41
2.6.6.3.1 Taxa de Infiltração.....	42
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>44</b>
3.1 A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA.....	44
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	44
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC.....	46
3.3.1 Localização.....	46
3.3.2 Topografia.....	47
3.3.3 Pluviometria.....	47
3.3.4 Estudo Demográfico.....	48
3.3.4.1 Projeções da População Urbana no Município de Gravatal.....	49
3.3.4.1.1 <i>Projeção Aritmética</i> .....	50
3.3.4.1.2 <i>Projeção Geométrica</i> .....	51
3.4 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC.....	52
3.5 MONITORAMENTO DAS VAZÕES DE ENTRADA NA ETE EM GRAVATAL/SC .. .....	52
3.5.1 <i>Visitas in loco</i> .....	52
3.5.2 Coleta e Organização de Dados.....	53
3.6 ACOMPANHAMENTO DA INTENSIDADE DAS CHUVAS EM GRAVATAL/SC.....	54
<b>4 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>55</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC.....	55
4.1.1 Tipo de Sistema.....	55
4.1.2 Extensão de Rede.....	55
4.1.3 Elevatórias e emissários de recalque.....	59
4.1.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE).....	60

4.1.5 Critérios de Projetos Adotados.....	67
4.2 ACOMPANHAMENTO DAS VAZÕES DE ENTRADA NA ETE EM GRAVATAL/SC .....	67
4.3 ACOMPANHAMENTO DA INTENSIDADE DAS CHUVAS EM GRAVATAL/SC.	70
4.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS ÁGUAS DE INFILTRAÇÃO NA VAZÃO DE ENTRADA NA ETE. ....	71
4.4.1 Variação de Vazão x Variação Pluviométrica.....	72
4.4.2 Vazão Média em Dias Secos: Qmds (l/s).....	73
4.4.3 Vazão Média em Dias com Precipitação Significativa Qmdp (l/s).....	75
4.4.4 Extensão Total de Rede.....	77
4.4.5 Cálculo da Contribuição de Infiltração .....	77
4.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA .....	78
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS .....	80
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>82</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE A – MAPA DA REDE COLETORA DE ESGOTO DO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC .....</b>	<b>86</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O alicerce ao direito humano, à água e ao esgotamento sanitário – DHAES, segundo o Conselho de Direitos Humanos das Nações Unidas, deriva de outros direitos, como a um adequado nível de vida, à saúde física e mental, à vida e à dignidade.

Para a Organização Mundial de Saúde (2000), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer resultados nocivos sobre seu bem-estar físico, mental e social. Diante dessa definição, entende-se que saneamento é o controle sobre os agentes gerados pelo homem que podem causar impactos ao meio, portanto subentende-se que, saneamento básico engloba além da condução e tratamento de esgoto, o fornecimento de água potável, veiculação de águas pluviais e gerenciamento de resíduos sólidos.

A situação atual do saneamento básico brasileiro, especialmente do esgotamento sanitário, é precária. Analisando isoladamente o estado de Santa Catarina, o cenário é ainda pior, sendo que segundo o SNIS – Sistema nacional de informações sobre saneamento, apenas 13 dos 295 municípios catarinenses são atendidos por coleta e tratamento de esgoto.

Tsutiya e Além Sobrinho (2011) afirmam que: para o dimensionamento de um sistema de esgotamento sanitário, deve-se elaborar um estudo preliminar contendo as características da área de estudo, análise dos sistemas existentes, índices demográficos, uso e ocupação solo, critérios e parâmetros de projeto. Ainda para os autores, para o dimensionamento, é fundamental o conhecimento das cargas dos efluentes a serem transportados, que são oriundos das vazões de esgotos promovidas pela população além da contribuição de infiltração ao longo da rede coletora.

As águas de infiltração constituem parte da vazão que percorre pela rede coletora, e o valor da taxa de infiltração contribui expressivamente para obtenção da carga de efluentes. Deste modo, valores subestimados para infiltração, ao longo do horizonte de projeto, podem ocasionar sobrecarga no sistema. Em outro ponto de vista, valores superestimados significam gastos excessivos em decorrência de um superdimensionamento dos elementos que constituem o sistema.

A presente monografia aborda o sistema de esgotamento sanitário no município de Gravatal/SC, com destaque na interferência das águas de infiltração nas vazões da estação de tratamento de esgoto - ETE.

Na pesquisa, utilizou-se como método a coleta de dados através de medições de volume de esgoto, e alturas de precipitação em locais estratégicos na cidade de Gravatal/SC,

simultaneamente. Para o monitoramento das chuvas, foi necessária a instalação de um equipamento específico para a medição, o pluviômetro. Num segundo momento, a pesquisa aborda as características do sistema de esgotamento sanitário do município, dos parâmetros adotados e das características da ETE.

Os valores obtidos nos monitoramentos propostos foram classificados e relacionados de acordo com a metodologia de Metcalf e Eddy (1991), possibilitando através de amostragens, a análise da contribuição de infiltração no sistema.

Para efetivar o comparativo entre o aumento das vazões e as taxas de infiltração, é de extrema importância o conhecimento da extensão total de rede construída, visto que as águas de infiltração que chegam até a ETE incidem no sistema ao longo da rede, pelo subsolo ou lençol freático, através das juntas mal executadas, paredes das tubulações, PV's abertos ou ligações clandestinas de águas pluviais.

Com o propósito de conhecer a extensão executada da rede de esgoto, realizou-se um levantamento onde foram mapeados os locais que recebem o serviço no município de Gravatal.

Objetiva-se nessa pesquisa, demonstrar a importância do conhecimento dos valores reais de infiltração como parâmetro de projeto para um adequado dimensionamento dos elementos dos sistemas de esgotamento sanitário.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar as oscilações de vazão de entrada na estação de tratamento de esgoto – ETE, do município de Gravatal, com a proposta de avaliar a contribuição da vazão de infiltração no sistema.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Descrever sobre saneamento básico e sistema de esgotamento sanitário no Brasil e no município de Gravatal/SC;
- b) Pesquisar os diferentes tipos de sistema de esgoto e parâmetros de projeto;
- c) Identificar a influência das taxas de infiltração no dimensionamento da rede coletora;

- d) Identificar e caracterizar o sistema de tratamento de esgoto utilizado no município de Gravatal/SC;
- e) Descrever os índices pluviométricos de Gravatal/SC;
- f) Descrever os parâmetros adotados no projeto do sistema de esgotamento sanitário em Gravatal/SC;
- g) Analisar as vazões de entrada na ETE e suas oscilações em períodos chuvosos;
- h) Analisar a contribuição da taxa de infiltração na vazão da estação de tratamento de esgoto;
- i) Determinar qual a taxa de infiltração está sendo aportada a ETE com vistas à variação de vazão no sistema.

## 1.2 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

A infiltração em redes coletoras de esgotos sanitários dificilmente pode ser evitada, porém, é de suma importância conhecer as taxas de infiltração e suas oscilações em dias chuvosos, pois a infiltração deve ser considerada como componente da vazão de projeto.

O desconhecimento dos valores reais de infiltração ocasiona, em um dimensionamento, imprecisão e influência nas dimensões da rede coletora, estações elevatórias e de tratamento de esgoto sanitário. Normalmente empregam-se valores encontrados em literaturas que diferem da realidade. A amplitude entre os valores utilizados e os valores reais de taxa de infiltração torna o projeto muitas vezes discutível, podendo interferir na qualidade do sistema e nos custos ocasionados por possíveis superdimensionamentos.

De acordo com Bruno e Tsutiya (1983) apud Hanaf e Campos (1997), em estudo elaborado em cidades do interior do Estado de São Paulo, as vazões de projeto baseadas em números encontrados em literaturas são de 35% a 318% maiores que as vazões de esgoto efetivamente medidas.

Com o intuito de demonstrar a importância da relação entre a infiltração e as vazões de projeto, realizaremos um estudo de caso onde serão analisadas as oscilações de vazão de entrada na estação de tratamento de esgoto no município de Gravatal/SC.

Para tanto, definiu-se como questão central desta pesquisa: quais as relações entre a taxa de infiltração e as oscilações de vazão de entrada existentes na estação de tratamento de esgoto – ETE, do município de Gravatal, em Santa Catarina, que determinam a adequação e a qualidade do tratamento realizado, em estudo de caso efetivado no ano de 2017.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SANEAMENTO BÁSICO

Saneamento Ambiental, num quadro atual, contempla, para a Organização Mundial de Saúde, o controle de todos os fatores do meio físico do homem que podem exercer efeitos nocivos ao seu bem-estar físico, mental e social, contudo pode-se dizer que saneamento básico caracteriza o conjunto de ações que objetivam alcançar salubridade ambiental. (GUIMARÃES, 2013).

Para Barros (1995) apud Festi (2006), o saneamento engloba um conjunto de tarefas operacionais, educacionais, legais e institucionais, sendo básico o fornecimento de água potável, da estação de tratamento até os consumidores, a condução do esgoto sanitário até as estações de tratamento, o direcionamento de águas pluviais e controle de inundações e o gerenciamento de resíduos gerados pelos diversos setores das cidades.

Segundo Oliveira (2004), o gasto em melhorias no sistema de saneamento pode ser até quatro vezes menor que o valor gasto com doenças de veiculação hídrica provenientes da falta de saneamento. Isto é, não se trata apenas de uma questão de salubridade social, é também uma questão econômica, já que os recursos seriam possivelmente mais bem empregados em saneamento, em vista do que se refere à saúde preventiva.

Na fase de concepção, para implantação de um sistema de esgotamento sanitário, a finalidade certamente se baseia em aspectos fundamentais: higiênico social, econômico e ambiental. (NUVOLARI, 2011 E VON SPERLING, 2005 apud COSTA, 2013). Ainda segundo COSTA (2013), do ponto de vista higiênico, a finalidade é a prevenção e combate a doenças de veiculação hídrica, responsáveis pelos altos índices de mortalidades precoces.

A destinação adequada dos dejetos humanos tem como principal objetivo o controle e a prevenção de doenças relacionadas a eles. Se destinados de uma forma inadequada, os dejetos humanos podem influenciar também economicamente na vida de um indivíduo. (BRASIL, 1981).

[...] a falta e condições adequadas de destino dos dejetos, pode levar o homem a inatividade ou reduzir sua potencialidade para o trabalho, transformando-o de unidade produtiva a uma carga para a sociedade. (BRASIL, 1981 p. 91).

O embasamento ao direito humano à água e ao esgotamento sanitário – DHAES, conforme o Conselho de Direitos Humanos das Nações Unidas, decorre de outros direitos,

como a um adequado nível de vida, à saúde física e mental, à vida e à dignidade. Ele nasceu do Tratado Internacional de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais e, diante disso, está amparado legalmente em leis internacionais de direitos humanos. O DHAES foi internacionalmente reconhecido após aprovação, pela Assembleia Geral das Nações Unidas, em 2010, da resolução A/RES/64/292 sobre “Direito humano à água e ao esgotamento sanitário”.

Pesquisas apontam que, apesar de apresentar avanços, o sistema de Saneamento Básico no Brasil, ainda é ineficiente e defasado. Segundo IBGE (2008), o percentual de municípios atendidos pelo abastecimento de água tratada, que na década anterior era de 97,9% aumentou para 99,4%. Os serviços de direcionamento das águas pluviais, que atendiam, 78,6% dos municípios, em 2008 passaram a atender 94,5%. Quanto à destinação dos resíduos sólidos, frente a 99,4% passou a ter uma cobertura em todo o território nacional.

Já no que diz respeito ao tratamento de efluentes, percebe-se ainda uma situação precária, em 2000, 52,2% dos municípios possuíam coleta de esgoto por rede geral, número que em 2008 chegou aos 55,2%, contudo 79,9% dos municípios que já contavam com esse serviço apresentaram melhoria no sistema, e o número de domicílios contemplados pelo sistema avançou de 33,5 para 44%. (IBGE, 2008).

De acordo com os quantitativos, é evidente que o sistema que atualmente mais necessita de atenção é o de tratamento de efluentes, já que na maioria dos casos, o sistema de tratamento é ainda individual, ou ainda pior, o esgoto é destinado para vias públicas e cursos fluviais.

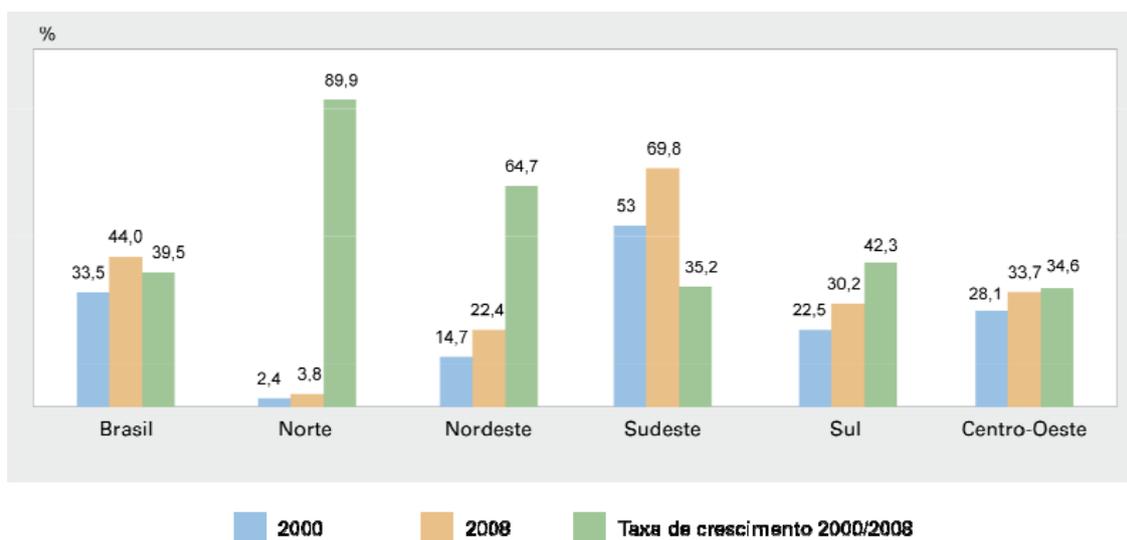
## 2.2 ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO BRASIL

Segundo o Atlas do Saneamento, IBGE (2011), a situação do nosso país em relação ao saneamento básico, mais especificamente quanto à coleta e tratamento de esgoto ainda está longe de atingir níveis satisfatórios. Analisando os dados informados na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB (2008), o Brasil tinha um percentual total de 55,1 de tratamento de esgoto, um avanço de apenas 2,9% em relação ao ano 2000, evidenciando que o país pouco evolui ano após ano nesse quesito.

A relação proporcional entre o número de municípios com rede de esgotamento sobre o total de municípios de cada Unidade da Federação e a distribuição espacial dos municípios com rede de esgotamento sanitário confirma que, de modo geral, existiu um avanço em termos de proporção de municípios atendidos no período de 1989 a 2008, apesar de esse atendimento ainda se encontrar, na atualidade, muito longe do necessário. (IBGE, 2011 p. 11).

A PNSB (2008), ainda cita que no Brasil, 2.495 dos 5.564 municípios não possuem rede coletora de esgoto, isto é, quase 50% dos municípios não são atendidos. Em contrapartida, observa-se na mesma pesquisa, que em relação a 2000, o número de domicílios atendidos por rede de esgotamento sanitário aumentou de 33,5% para 44,0%, porém, 32 milhões de domicílios ainda não possuem ligação com a rede de esgotamento sanitário.

Gráfico 1 – Percentual de domicílios com acesso a rede de esgotamento sanitário e taxa de crescimento do número de economias residenciais, segundo as Grandes Regiões – 2000/2008.



Fonte: IBGE, 2008.

Dentre esses 32 milhões de domicílios que não possuem ligação com a rede de esgotamento sanitário, existem muitos onde há disponibilidade de infraestrutura, mas não são conectados a rede por uma série de motivos (interligação à rede praticamente duplica o valor da fatura do usuário, incapacidade financeira para pagamento da fatura, morador não quer danificar o piso da residência para passar a rede interna, prestadores não oferecem serviços de qualidade, etc.), formando o fenômeno conhecido como ociosidade das redes de esgotamento sanitário. Sendo assim, as estatísticas poderiam apresentar números mais otimistas, pois muitos investimentos governamentais não são eficazes, em função da resistência dos usuários

em se conectarem com a rede de esgotamento sanitário para destinarem seus esgotos de forma adequada (TRATA BRASIL, 2015).

O Instituto Trata Brasil (2015), realizou um estudo com 47 dos 100 maiores municípios brasileiros e pôde estimar que caso todas as ligações ociosas fossem interligadas à rede, 17,3 milhões de m<sup>3</sup>/mês de esgoto deveriam ser tratados, gerando um crescimento mensal de 15,7% no valor total de tratamento de esgoto dessas cidades, comprovando que a ociosidade das redes de esgotamento sanitário é uma realidade e um fator que ainda interfere na saúde e qualidade de vida dos brasileiros.

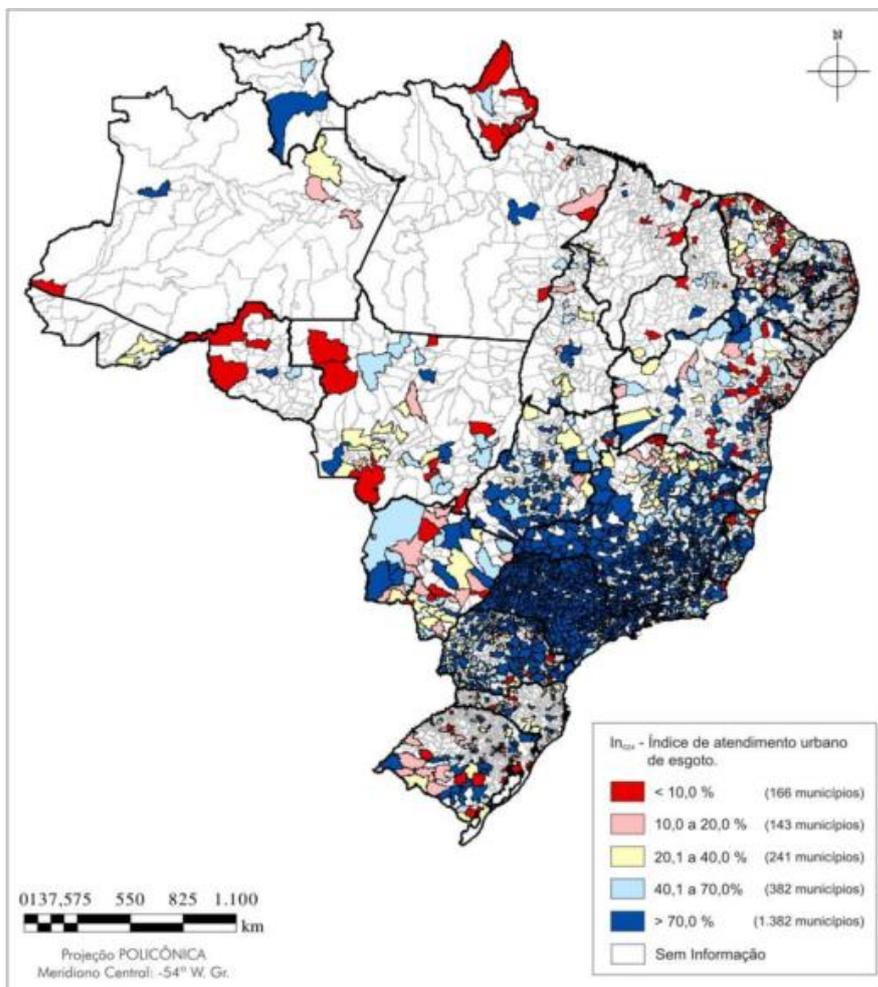
### 2.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM SANTA CATARINA

O estado de Santa Catarina, para o IBGE (2016), está em terceiro lugar no ranking nacional de índice de desenvolvimento humano - IDH, tendo a melhor expectativa de vida e índice de distribuição de renda do Brasil. Porém, conforme os dados do SNIS de 2015, no que se diz respeito à coleta e tratamento de esgoto sanitário, a unidade federativa deixa a desejar.

[...] o índice médio de atendimento urbano com rede coletora de esgotos aponta valores acima de 70% apenas no Distrito Federal e em 3 estados: São Paulo, Minas Gerais e Paraná, mesmas Unidades da Federação de 2014, com a inclusão apenas dessa última. Na faixa de 40% a 70%, aparecem outros 7 estados: Rio de Janeiro, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Roraima (subiu de faixa com relação a 2014), Bahia e Paraíba; na faixa logo abaixo, de 20% a 40%, situam-se 9 estados: Rio Grande do Sul, Ceará, Mato Grosso, Rio Grande do Norte, Tocantins, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Santa Catarina (esse último subiu de faixa em relação a 2014); enquanto que na penúltima faixa, de 10% a 20%, encontram-se 3 estados: Acre, Maranhão e Piauí. Por fim, na menor faixa, inferior a 10%, há 4 estados: Amazonas, Pará, Rondônia e Amapá. (BRASIL, 2017 p. 31)

O acesso à rede de esgoto é um importante indicador de desenvolvimento social, portanto observou-se um paradoxo entre o IDH elevado do estado e o baixo nível de infraestrutura de esgotamento sanitário, como mostra a figura 2, o que evidencia a necessidade de investimentos nessa área para que se eleve ainda mais a qualidade de vida no estado.

Figura 1 – Representação espacial do índice de atendimento urbano por rede coletora de esgotos dos municípios cujos prestadores de serviços são participantes do SNIS em 2015, distribuído por faixas percentuais.



Fonte: Brasil, 2017.

É importante ressaltar também que, dos 295 municípios catarinenses, apenas 13 contavam com tratamento de água e esgoto em 2015 (SNIS): Bombinhas, Catanduvas, Concórdia, Chapecó, Criciúma, Dionísio Cerqueira, Florianópolis, Gravatal, Laguna, Rancho Queimado, São José, São Joaquim e Treze Tílias. O objeto de estudo desse documento é o município de Gravatal, um dos poucos municípios com esgoto tratado em Santa Catarina.

### 2.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC

Segundo o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB de Gravatal (2014), o município possui um sistema de esgotamento sanitário em operação que atende 891 economias de esgoto, o que representa 45,48% da área urbana do município.

[...] tem-se uma média de 2,59 habitantes por economia, logo, tem-se uma população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário de 2.309 habitantes, o que representa um atendimento de 20,71% da população total do município de Gravatal. (GRAVATAL, 2014 p. 142).

Para o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no ano de 2015, 899 economias eram contempladas com redes de esgoto, 9 a mais do que diz o PMSB de Gravatal. Já em relação à população total atendida com esgotamento sanitário, as informações divergem entre os dois levantamentos, o SNIS aponta que são atendidos 1890 habitantes, 419 a menos do que informa o PMSB do município.

Em Gravatal, o sistema de tratamento de esgoto individual ainda é predominante, onde os resíduos são direcionados para as galerias de águas pluviais, e na inexistência desta, para sumidouros ou córregos próximos. Portanto, para minimizar a poluição dos recursos hídricos, a prefeitura municipal adota este procedimento nos locais onde ainda não está operando o sistema público de coleta e tratamento de esgoto. (GRAVATAL, 2014).

## 2.4 ESGOTAMENTO SANITÁRIO - DEFINIÇÕES

O sistema de esgotamento sanitário, segundo NBR 9648 (1986), constitui-se de um conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro.

Os efluentes a serem veiculados por esses canais são classificados por sua origem:

- Esgoto doméstico: Despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas.
- Esgoto industrial: Despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos.
- Águas pluviais: Toda água coletada pelas bocas de lobo, que no sistema unitário, caminha junto com os demais fluidos na rede.
- Águas de infiltração: Toda água, proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações.

## 2.5 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Para a ReCESA (2008), o sistema de esgotamento sanitário é o conjunto de obras, e instalações destinadas à coleta, transporte, tratamento e disposição final de águas residuárias.

A implantação de uma rede de esgoto tem como objetivo:

- Coleta dos efluentes de maneira individual ou coletiva;
- Afastamento rápido e seguro dos efluentes;
- Tratamento e disposição final adequada dos esgotos tratados.

Se houver qualidade no sistema de esgotamento sanitário, é evidente que esse processo vai provocar consequências como:

- Progresso das condições sanitárias locais;
- Preservação dos recursos naturais;
- Eliminação de focos de poluição e contaminação;
- Eliminação de problemas estéticos e odores desagradáveis;
- Redução das doenças ocasionadas pela água contaminada por dejetos;
- Redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças, uma vez que grande parte delas está relacionada com a falta de uma solução adequada de esgotamento sanitário;
- Diminuição dos custos no tratamento de água para abastecimento (que seriam ocasionados pela poluição dos mananciais).

### 2.5.1 PRINCIPAIS COMPONENTES DO SISTEMA DE ESGOTO

#### 2.5.1.1 Rede Coletora

A rede coletora de esgoto é a parte do sistema responsável pela coleta e transporte dos efluentes até a estação de tratamento, sendo composta, segundo NBR 9649 (1986) pelas seguintes partes:

- Ligação predial: Trecho do coletor predial compreendido entre o limite do terreno e o coletor de esgoto.
- Coletor de esgoto: Tubulação da rede coletora que recebe contribuição de esgoto dos coletores prediais em qualquer ponto ao longo de seu comprimento.

- Coletor principal: Coletor de esgoto de maior extensão dentro de uma mesma bacia.
- Coletor tronco: Tubulação da rede coletora que recebe apenas contribuição de esgoto de outros coletores.
- Emissário: Tubulação que recebe esgoto exclusivamente na extremidade de montante.
- Órgãos acessórios: Dispositivos fixos desprovidos de equipamentos mecânicos.
- Poço de visita (PV): Câmara visitável através de abertura existente em sua parte superior, destinada à execução de trabalhos de manutenção.
- Tubo de inspeção e limpeza (TIL): dispositivo não visitável que permite inspeção e introdução de equipamentos de limpeza.
- Terminal de limpeza (TL): Dispositivo que permite introdução de equipamentos de limpeza, localizado na cabeceira de qualquer coletor.
- Caixa de passagem (CP): Câmara sem acesso localizada em pontos singulares por necessidade construtiva.
- Sifão invertido: Trecho rebaixado com escoamento sob pressão, cuja finalidade é transpor obstáculos, depressões do terreno ou cursos d'água.
- Passagem forçada: Trecho com escoamento sob pressão, sem rebaixamento.

### **2.5.1.2 Estação Elevatória**

O esgoto é conduzido por condutos livres, e para que possa ser encaminhado por gravidade, a tubulação deve ser projetada com certa declividade de montante para jusante, e isso ocasiona escavações e profundidades à jusante muitas vezes impraticáveis tecnicamente por conta do custo de escavações e da manutenção no sistema. De acordo com Pereira e Soares (2006), são adotados valores próximos a 4,5 metros como limite para as profundidades, em casos como este se torna necessária a implantação de estações elevatórias, que possibilitam a condução do fluido para cotas mais elevadas à montante até que sistema se restabeleça e volte a caminhar por gravidade.

Na implantação de uma estação elevatória de esgotos – EEE, deve ser escolhido o melhor posicionamento para a edificação e para isso são considerados alguns aspectos, tais como: as dimensões do lote, custo e possibilidade de desapropriação, facilidade de extravasão

de efluentes em possíveis paralisações nos serviços, e as distancias nas tubulações de recalques que devem ser as menores possíveis.

## 2.5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE SISTEMAS

Segundo Tsutiya e Além Sobrinho (2011), os sistemas podem ter três conformações distintas:

- Sistema de esgotamento unitário, ou sistema combinado;
- Sistema de esgotamento separador parcial;
- Sistema de esgotamento separador absoluto.

### 2.5.2.1 Sistema de Tratamento de Esgoto Unitário

O sistema de tratamento de esgoto unitário, também chamado de sistema combinado, é conjunto de tubulações e equipamentos que transportam qualquer tipo de efluente independente de sua origem, isto é, o mesmo caminho onde percorrem as águas residuárias, industriais e residenciais, caminham também as águas pluviais e águas de infiltração. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Esse tipo de sistema quando comparado aos demais, apresenta algumas desvantagens, por se tratar de uma única canalização para diferentes fluidos, essa tubulação tem maior dimensão e isso implica em um alto custo inicial na implantação do sistema, e ainda têm construções mais difíceis e demoradas, o que é um fator muito importante quando se trata de uma obra urbana situada em vias públicas.

Outra desvantagem está na sua funcionalidade, principalmente em vias não pavimentadas, apresentam sedimentação interna no sistema, onde materiais oriundos das vias públicas adentram na rede.

### 2.5.2.2 Sistema de Tratamento de Esgoto Separador Parcial

O sistema de tratamento de esgoto separador parcial divide parte dos efluentes para cada canalização. Parte das águas das chuvas, as que são provenientes das economias são transportadas junto com águas residuárias. Já as águas coletadas em vias públicas caminham em um conjunto de tubulações próprio. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

### 2.5.2.3 Sistema de Tratamento de Esgoto Separador Absoluto

No sistema separador absoluto, são conduzidas separadamente as águas residuárias das águas pluviais. Os fluidos oriundos das economias, o esgoto sanitário, caminha sobre o sistema denominado de esgotamento sanitário, já a água das chuvas caminha num sistema de drenagem urbana totalmente independente.

Conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro. (NBR/9648, 1986 p. 1)

O sistema separador absoluto diminui as dimensões da estação de tratamento tais como as dimensões na rede e no volume de efluentes tratado, ou seja, fornece influência técnica e econômica sobre todo o sistema inclusive na manutenção e operação do mesmo.

Nesse tipo de sistema, as ruas sem pavimentação podem receber a rede coletora, pois a qualidade da via não interfere na qualidade do serviço oferecido.

As ruas que contam com uma declividade no relevo natural não necessitam de rede de drenagem pluvial, pois a água pode ser transportada pelas sarjetas, então surge também como efeito a redução da extensão da rede de drenagem pluvial.

## 2.6 PARÂMETROS DE PROJETO

### 2.6.1 Levantamento Topográfico

Ao dar início a qualquer projeto, a equipe projetista deve estar em conformidade com o levantamento topográfico da área a ser projetada. É uma ferramenta imprescindível na fase inicial dos projetos, por demonstrar em planta planialtimétrica todas as irregularidades do terreno a ser estudado. (DOMINGUES, 1979).

Nos projetos de dimensionamentos de esgoto, as redes são projetadas para trabalharem, na maioria das vezes, por gravidade, por isso é fundamental o conhecimento das declividades do terreno. Para Tsutiya e Além Sobrinho (2011), na etapa onde se define o traçado da rede, deve-se ter uma relação boa com o levantamento topográfico, onde a rede deve aproveitar no máximo as declividades naturais, equilibrando sempre uma concepção técnica e economicamente viável.

A realização de um projeto de topografia é regulamentada pela NBR 13133/96 (Execução de Levantamento Topográfico).

### 2.6.2 Profundidades

A profundidade da rede de esgoto deve ser tal que consiga promover o caminhamento dos esgotos por gravidade que possa oferecer segurança contra o tráfego de veículos e outros impactos. Segundo Tsutiya e Além Sobrinho (2011), a melhor profundidade é a que permite o afastamento dos efluentes com uma aplicação coerente dos recursos financeiros e tecnológicos.

O recobrimento não deve ser inferior a 0,90 m para coletor assentado no leito da via de tráfego, ou a 0,65 m para coletor assentado no passeio. Recobrimento menor deve ser justificado. (NBR 9649, 1986 p.3)

Tsutiya e Além Sobrinho (2011) ainda citam que a profundidade máxima tem valores, em geral, entre 4 e 4,5 metros, visto que em profundidades maiores que 4 metros é aconselhável o dimensionamento de redes coletoras auxiliares e isso onera a implantação, então só podem ser admitidos valores mais elevados se tecnicamente justificados. A CASAN recomenda 4,5 metros para profundidade máxima das redes coletoras, pela complexidade dos escoramentos em valas com valores superiores a 4 metros, tem como consequência um alto custo de execução e ainda o risco que fornecem aos operários. Para Tsutiya e Além Sobrinho (2011), os valores gastos com escoramentos podem chegar a 38,8% do custo de uma obra de execução de redes coletoras de esgoto.

### 2.6.3 Declividades

Para garantir diariamente a autolimpeza da tubulação, a declividade mínima que satisfaz esta condição, considerando um coeficiente de Manning recomendado por Metcalf e Eddy (1981), com valor de  $n = 0,013$ , pode ser determinada pela equação 1: (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

$$I_{min} = 0,0055 \times Q_i^{-0,47} \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

$I_{min}$ . = declividade mínima, m/m;

$Q_i$  = vazão de jusante do trecho no início do plano, l/s.

Já a declividade máxima admissível será o valor, qual alcance uma velocidade igual a 5m/s para a vazão de projeto, que para a mesma fonte é dada pela equação 2:

$$I_{\min} = 4,65 \times Q_f^{-0,67} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$I_{\max}$  = declividade máxima, m/m;

$Q_f$  = vazão de jusante do trecho no final do plano, l/s;

$n = 0,013$ .

Em alguns casos, há entrada de bolhas de ar na superfície do líquido, ocasionando um aumento na lâmina d'água e isso pode acarretar em uma mudança no escoamento, em casos como este a pressão d'água pode obstruir a canalização quando atingir uma velocidade limite, por isso faz-se necessário o conhecimento da velocidade crítica de escoamento (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011). Se em alguma situação a velocidade final for superior à velocidade crítica, adota-se para lâmina d'água no máximo 50% do diâmetro do coletor. A velocidade critica é dada pela equação 3:

$$V_c = 6 (g \times R_h)^{1/2} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

$g$  = aceleração da gravidade, m/s;

$R_h$  = raio hidráulico, m.

#### 2.6.4 Materiais

A escolha do material a ser adotado para receber e transportar as águas residuárias deve ser considerada como um critério de projeto. Para selecionar o melhor material é necessário analisar fatores como, o tipo de esgoto a ser transportado pelo canal e as condições técnicas e financeiras a serem empregadas no sistema de coleta e transporte de esgotos sanitários. Geralmente são utilizados nas redes de esgoto os tubos cerâmicos, concreto, PEAD (polietileno de alta densidade), PVC, ferro fundido e aço. Normalmente, para as linhas de recalque, adota-se tubos de ferro fundido, aço ou PEAD. Já nas redes coletoras é comum encontrarmos tubos de PVC e concreto.

#### 2.6.4.1 Tubos em Concreto

Os tubos são empregados em redes coletoras com diâmetro igual ou superior a 400 mm, principalmente encontrada em redes coletoras troncos, emissários e interceptores, de acordo com a situação podem ser utilizados tanto o concreto simples quanto os tubos de concreto armado. Segundo a NBR 8890 (Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios), os tubos têm diâmetros padronizados: 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1500, 1750, e 2000 mm. E segundo Tsutiya e Além Sobrinho (2011), para todos os diâmetros o comprimento útil mínimo do tubo é 2 metros.

#### 2.6.4.2 Tubos e Conexões em PVC

Os tubos de poli cloreto de vinila (PVC) são altamente resistentes à corrosão, e em regiões litorâneas, onde o nível do lençol freático fica acima das redes coletoras de esgoto, o PVC é a principal alternativa de utilização. Os diâmetros nominais para tubos de PVC são de 100, 150, 200, 250, 300, 350 e 400 mm e são utilizados na mesma faixa que os tubos cerâmicos. Os requisitos específicos para tubos de PVC são regulamentados pela norma NBR 7362/99 da ABNT. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

#### 2.6.4.3 Tubos em PEAD

Os tubos de polietileno de alta densidade são normalizados pelas normas brasileiras: NBR 15950/11: Sistemas para distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão - Requisitos para instalação de tubulação de polietileno PE 80 e PE 100; e NBR 15.952/11: Sistemas para redes de distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão - Verificação da estanqueidade hidrostática em tubulações de polietileno.

O tubo de polietileno de alta densidade tem sido utilizado em ligações de água e em emissários submarinos de esgoto. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011 p.114).

O polietileno é um termoplástico adquirido através da polimerização do etileno na presença de catalizadores. Quando a polimerização acontece à baixa pressão, obtém-se o Polietileno de Alta Densidade (PEAD). (BEVILACQUIA, 2006 apud COSTA, 2013).

#### 2.6.4.4 Tubos em Ferro Fundido

São muito utilizados em redes de recalque de elevatórias. Para o comportamento como conduto que escoar livremente, são empregados em travessias aéreas, passagens por rios, ou em trechos onde sejam necessários tubos que suportem cargas extremas. O ferro fundido é um material sensível a corrosão, e quando aplicado em solos ácidos ou destinados a transportar fluidos agressivos, deve ser previsto revestimento interno e externo para reverter essas condições desfavoráveis. São disponíveis no mercado nos diâmetros nominais de 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 e 1200 mm, com comprimento de 6m. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

#### 2.6.5 Estimativa Populacional

Determinado o local de estudo, é imprescindível ter conhecimento sobre a população final atendida, isto é, a população que se espera encontrar na localidade ao final do período estabelecido em projeto. Com isso deverá ser feita uma estimativa da vazão de esgotos inicial e final, ano a ano, até que se encontre o volume tratamento adequado. (NUVOLARI, 2011 apud COSTA, 2013). Para realizar o estudo populacional são utilizados métodos de projeções matemáticas.

##### 2.6.5.1 Método da Projeção Aritmética

Para Tsutiya e Além Sobrinho (2011) este método presume que a região se desenvolva aritmeticamente, ou seja, a população está crescendo linearmente com o tempo. Analisando os valores das populações P<sub>0</sub> e P<sub>1</sub> correspondentes aos tempos t<sub>0</sub> e t<sub>1</sub>, (referentes a dois anos de dados censitários), calcula-se o incremento populacional nesse período (r), pela equação 4:

$$r = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} \quad (\text{Equação 4})$$

Resultando, na equação 5, onde encontramos a população estimada (P) para o período (t):

$$P = P_0 + r \times (t - t_0) \quad (\text{Equação 5})$$

### 2.6.5.2 Método da Projeção Geométrica

No método geométrico assim como no aritmético, considera-se que a população da cidade tende apenas a crescer, não admitindo um decréscimo da população e sim um crescimento populacional ilimitado. Conhecendo-se dois dados de população, P0 e P1, correspondentes respectivamente aos anos t0 e t1, pode-se calcular a razão de crescimento geométrico no período conhecido (q), pela equação 6 abaixo:

$$q = \sqrt[t_1-t_0]{\frac{P_1}{P_0}} \quad (\text{Equação 6})$$

Resultando, na equação 7, onde encontramos a população estimada (P):

$$P = P_0 + q^{(t-t_0)} \quad (\text{Equação 7})$$

### 2.6.5.3 Método do Crescimento

O método do crescimento calcula o crescimento exponencial usando dados existentes. Este método retorna os valores y para um ciclo de novos valores x que se especifica, usando valores x e y existentes. Também se pode usar a função de crescimento para combinar uma curva exponencial em valores x e y. A previsão da população é alcançada pelo uso da planilha de cálculo “Excel”, apresentando as populações de censos conhecidos. (COSTA, 2013).

### 2.6.6 Vazão de Esgoto Sanitário

O esgoto sanitário é dividido em quatro tipos de efluentes, esgoto doméstico, despejos industriais, águas pluviais e de infiltração, desta forma a vazão de esgoto sanitário é calculada pela subseqüente equação:

$$Q = Q_d + Q_{inf} + Q_c \quad (\text{Equação 8})$$

Em que:

Q = vazão de esgoto sanitário, l/s;

Q<sub>d</sub> = vazão doméstica, l/s;

Q<sub>c</sub> = vazão de concentração ou singular, l/s;

Q<sub>inf</sub> = vazão de infiltração, l/s.

### 2.6.6.1 Esgoto Doméstico

De acordo com Tsutiya e Além Sobrinho (2011), o esgoto doméstico é um resíduo líquido que resulta da utilização da água pelo ser humano em suas necessidades fisiológicas e hábitos higiênicos. Estes resíduos são originados de residências, edificações comerciais, instituições e qualquer outro edifício que possua banheiro, lavanderia, cozinha, etc.

Ainda para os mesmos autores, a contribuição de esgoto doméstico depende dos subsequentes fatores:

- População da área de projeto (P);
- Contribuição per capita (q);
- Coeficiente de retorno esgoto/água (C);
- Coeficientes de variação de vazão (k).

Fatores estes que serão descritos nos próximos itens e que compõem a fórmula para o cálculo da vazão de contribuição doméstica, equação 9:

$$Q_{cd} = \frac{P \times q \times k_1 \times k_2 \times C}{86400} \quad (\text{Equação 9})$$

#### 2.6.6.1.1 População da Área de Projeto (P)

Segundo a Rede nacional de Capacitação e Extensão tecnológica em Saneamento Ambiental - ReCESA, o estudo da projeção populacional é um ponto muito importante em projetos de sistemas de esgotamento sanitário, por isso todas as informações devem ser de qualidade, para que se possam obter dados precisos para o dimensionamento.

A projeção populacional deve ser calculada utilizando-se da expressão matemática que mais se aproxima dos dados históricos coletados. (RECESA, 2008 p. 62).

E para que se possam alcançar dados mais próximos da realidade, deve-se avaliar o Plano Diretor Municipal, quanto a sua real utilização e atualidade e quanto as suas futuras diretrizes. (MARTINS, 1993 apud TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Ainda para a mesma fonte, para calcular o crescimento populacional ao longo dos anos, utiliza-se, além dos métodos matemáticos de projeção, a seguinte expressão geral, equação 10, segundo o método dos componentes demográficos:

$$P = P_0 + (N - M) + (I - E) \quad (\text{Equação 10})$$

Em que:

P = população na data t;

P<sub>0</sub> = população na data inicial t<sub>0</sub>;

N = nascimentos (no período t – t<sub>0</sub>);

M = óbitos;

I = imigrantes no período;

E = emigrantes no período;

N-M = crescimento vegetativo no período;

I-E = crescimento social no período.

#### 2.6.6.1.2 Contribuição Per Capita (q)

Comumente, a contribuição de esgotos depende do abastecimento de água, existindo então uma nítida analogia entre o consumo de água e a contribuição para a rede coletora de esgotos. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Tradicionalmente em nosso país utiliza-se o consumo per capita usado para projetos de sistemas de abastecimento de água, para se projetar o sistema de esgotos. Convém ressaltar que, para o projeto de sistemas de abastecimento de água, adota-se o consumo per capita para satisfazer ao consumo doméstico, ao consumo comercial, ao consumo das indústrias que não utilizam água em seus processamentos, ao consumo público, e às perdas. Entretanto, para o dimensionamento do sistema de esgotos deve ser utilizado o consumo de água efetivo per capita, não incluindo as perdas de água. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011 p. 48).

Portanto, para a ReCESA (2008), boa parte desse volume efetivo não chega à rede coletora de esgoto, por que conforme a natureza de consumo, essa água é perdida por evaporação, infiltração ou escoamento superficial.

O consumo per capita é um fator muito variável entre diferentes regiões, pois depende de diversos fatores, como: temperatura local, condições socioeconômicas e culturais da comunidade, condições das instalações do sistema de abastecimento de água (regularidade da distribuição, micromedição, etc.), aos hábitos higiênicos da área atendida, índices de industrialização, intensidade e tipo da atividade comercial, entre outros. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Segundo a ReCESA (2008), em nosso país, dentro da normalidade, os valores frequentemente utilizados para esse coeficiente estão entre 150 e 200 l/hab.dia. Em locais onde há limitação de recursos hídricos, como por exemplo, em pequenas cidades do interior do Nordeste, o valor para a contribuição per capita de esgoto pode atingir valores abaixo de 80 l/hab.dia, já em lugares em condições adversas, onde existem recursos hídricos em abundância e o abastecimento de água é de qualidade, os valores de “q” podem exceder os 200 l/hab.dia.

#### 2.6.6.1.3 Coeficiente de Retorno: Relação Esgoto/Água (C)

Conforme cita a NBR 9649 (1986) no item “3.13”, o coeficiente de retorno é a relação média entre os volumes de esgoto produzido e de água efetivamente consumida, ou seja, a razão entre a vazão de água servida descartada pela vazão de água servida consumida.

$$C = \frac{\text{vazão de água servida descartada}}{\text{vazão de água servida consumida}} \quad (\text{Equação 11})$$

A norma da ABNT sugere em no item “A-8.1” da sua lista de anexos, que seja utilizado o valor de 0,8 para este coeficiente na ausência de valores obtidos em campo.

#### 2.6.6.1.4 Coeficientes de Variação de Vazão (k1, k2 e k3)

A vazão de esgoto sanitário não possui uma distribuição uniforme no decorrer dos dias, portanto ela tem uma variação conforme a demanda sazonal, horária, diária e mensal (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011). Essa vazão também depende dos picos de consumo de água, que estão diretamente ligados aos hábitos dos consumidores, como por exemplo, no

começo da manhã e da noite, onde há a maior utilização de água e também maior geração de esgotos. (RECESA, 2008).

Tsutiya e Além Sobrinho (2011) definem os coeficientes, como:

- k1 - coeficiente de máxima vazão diária, que relaciona a maior vazão diária verificada no ano e a vazão média diária anual;
- k2 - coeficiente de máxima vazão, que relaciona a maior vazão observada num dia e a vazão média horária do mesmo dia;
- k3 - coeficiente de mínima vazão horária, que relaciona a vazão mínima e a vazão média anual.

A NBR 9649 (1986) da ABNT sugere que na ausência de valores obtidos através de medições, sejam utilizados para k1: 1,2, para k2: 1,5 e para k3: 0,5.

#### 2.6.6.2 Despejos Industriais

Conforme citam Tsutiya e Além Sobrinho (2011), em um projeto de sistema de esgotamento sanitário, devem-se conhecer previamente as indústrias contribuintes, o número de indústrias, seus portes e suas características, para que se possam estimar os resíduos líquidos que elas despejarão sobre a rede coletora pública. Estes esgotos também podem ser provenientes de grandes centros comerciais, hospitais, clubes e outras bacias.

Em cada caso deverá ser estudada a natureza dos efluentes industriais para verificar se esses resíduos podem ser lançados *in natura* na rede de esgotos, ou se haverá necessidade de um pré-tratamento. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011 p. 58).

Portanto, ainda para o mesmo autor, não se deve tolerar o lançamento *in natura* na rede coletora, de despejos industriais que:

- Sejam nocivos à saúde ou prejudiciais a segurança dos trabalhos da rede;
- Interfiram em qualquer sistema de tratamento;
- Obstruam tubulações e equipamentos;
- Ataquem as tubulações, afetando a resistência ou durabilidade de suas estruturas;
- Possuam temperaturas elevadas, acima de 45 °C.

Tsutiya e Além Sobrinho (2011) também citam que um estudo sobre o valor real da vazão coletada pela rede deve ser realizado por órgãos competentes em casos que fábricas

e indústrias lancem pontualmente seus esgotos, pois a legislação em vigor no Brasil determina que a vazão máxima não seja maior que 1,5 vezes a média diária.

#### 2.6.6.3 Infiltrações

Segundo Tsutiya e Além Sobrinho (2011), as contribuições indevidas nas redes de esgotamento sanitário originadas do subsolo são denominadas, de uma forma genérica, como infiltrações.

As águas de infiltração são águas subterrâneas originárias do subsolo, quando os sistemas de coleta e afastamento estão construídos abaixo do nível do lençol freático, sendo que este nível pode ser alto naturalmente ou devido as chuvas excessivas. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO 2011 p. 57).

Além das infiltrações, as redes coletoras também podem receber contribuições provenientes do encaminhamento acidental ou condução clandestina de águas pluviais. Porém, a NBR 9649 (1986) recomenda que somente as contribuições designadas como infiltrações devem ser consideradas na concepção e dimensionamento das redes coletoras de esgotos. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Ainda segundo Tsutiya e Além Sobrinho (2011), existem três formas com que as águas do subsolo podem penetrar nos sistemas de esgotos, sendo elas:

- Pelas juntas das tubulações;
- Pelas paredes das tubulações;
- Através das estruturas dos poços de visita, tubos de inspeção e limpeza, terminal de limpeza, caixa de passagem, estações elevatórias etc.

Os materiais empregados na construção da rede coletora, o estado de conservação e assentamento da mesma, o nível do lençol freático e também as características do solo são fatores que influenciam na quantidade de água infiltrada no sistema de esgotamento sanitário. As áreas propícias a terem maiores infiltrações são as litorâneas com lençol freático em cotas mais altas e solos arenosos. Já em áreas com considerável elevação em relação ao nível do mar, com lençol freático mais profundo e com solos argilosos, as infiltrações tendem serem menores. (TSUTIYA E ALÉM SOBRINHO, 2011).

Ainda para a mesma fonte, a vazão de infiltração, para projetos, é calculada pela subseqüente equação:

$$Q_{\text{inf}} = \frac{T_i}{1000} \times L \quad (\text{Equação 12})$$

Em que:

$Q_{\text{inf}}$  = vazão de infiltração, l/s;

$T_i$  = taxa de infiltração, l/s.km;

$L$  = extensão da rede coletora de esgoto, km.

#### 2.6.6.3.1 Taxa de Infiltração

Para Festi (2006), a taxa de contribuição de infiltração (TI) é um parâmetro importante utilizado no dimensionamento dos sistemas de esgotamento sanitário, sendo um valor expressivo no cálculo das vazões de projeto. Este parâmetro é definido pela razão da vazão infiltrada por metro linear da rede coletora de esgotos.

Normalmente, para dimensionamento, utilizam-se valores muito elevados para taxa de infiltração, valores estes que são retirados de estudos e outras literaturas que os recomendam.

A maioria dos sanitaristas considera os valores da taxa de infiltração, normalmente empregados, muito elevados. A redução nesse coeficiente ocasionará a diminuição dos diâmetros das redes, dos coletores tronco, dos interceptores e dos emissários, na redução do porte das elevatórias e das estações de tratamento, com conseqüente diminuição do custo das obras e de operação do sistema (BRUNO E TSUTIYA, 1983 apud FESTI, 2006 p. 583).

A NBR 9649 (1986) da ABNT, recomenda no item "A-8.5" da sua lista de anexos, que contém as grandezas e notações a serem utilizadas em projetos de redes coletoras, que seja utilizado para taxa de contribuição de infiltração um valor entre 0,05 a 1,0 l/s.km e ainda cita que a TI depende de algumas condições (nível do lençol freático, natureza do subsolo, qualidade da execução da rede, material da tubulação e tipo de junta utilizado) e que o valor adotado para cálculo deve ser justificado.

Segundo Metcalf e Eddy (1991) apud Festi (2006), em um estudo onde é possível a realização de um monitoramento, a taxa de infiltração pode ser determinada através da razão da diferença entre as vazões em tempo seco e tempo úmido e a extensão total das redes coletoras de esgoto.

A tabela 1 apresenta os principais resultados obtidos através de estudos para taxas de infiltração nos sistemas de esgotamento sanitário.

Tabela 1- Taxas de infiltração, em l/s.km, em redes de esgotos sanitários obtidas por medições ou recomendadas para projetos

<b>Autor</b>	<b>Local</b>	<b>Ano</b>	<b>Taxa de Infiltração</b>	<b>Condições de obtenção dos valores</b>
<b>Saturnino de Brito</b>	Santos e Recife	1911	0,1 a 0,6	Medições.
<b>Jesus Netto</b>	São Paulo	1940	0,3 a 0,7	Medições em redes secas.
<b>Azavedo Netto</b>	São Paulo	1943	0,4 a 0,9	Medições em redes novas.
<b>Greeley &amp; Hansen</b>	São Paulo	1952	0,5 a 1,0*	Medições.
<b>Des. Sursan</b>	Rio de Janeiro	1959	0,2 a 0,4	Medições.
<b>Hazen &amp; Sawyer</b>	São Paulo	1965	0,3 a 1,7*	Medições.
<b>SANESP/Max A. Veit</b>	São Paulo	1973	0,3	Medições.
<b>Dario P. Bruno &amp; Milton T. Tsutiya</b>	Cardoso, Ibiúna, Lucélia, e São João da Boa Vista	1983	0,02 a 0,10	Medições em redes secas, localizadas acima e abaixo do lençol freático. Medições em redes operando há vários anos.
<b>SABESP</b>	Estado de São Paulo	1984	0,05 a 0,50	Recomendações para projetos. O valor deve ser justificado.
<b>Carlos A. Santos &amp; Adejalmo F. Gazen</b>	Canoas, Santa Maria, Tramandaí, Capão da Canoa, Guaíba e Alvorada (Estado do Rio Grande do Sul)	1985	0,013 a 0,720	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>NBR 9649 - ABNT</b>	Brasil	1986	0,05 a 1,0	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>Luis P. Almeida Neto, Gilberto O. Gaspar, João B. Comparini &amp; Nelson L. Silva</b>	Cardoso, Indiaporã Guarani D'Oeste e Valentim Gentil (Estado de São Paulo)	1989	0,010 a 0,116	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>João B. Comparini</b>	Cardoso, Indiaporã Guarani D'Oeste e Pedranópolis (Estado de São Paulo)	1990	0,021 a 0,038	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>Lineu R. Alonso, Rodolfo J. Costa e Silva Jr., Francisco J.F. Paracampos</b>	São Paulo	1990	0,24 a 0,35	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>Milton T. Tsutiya &amp; Orlando Z. Cassettari</b>	Tatuí (Estado de São Paulo)	1995	0,33	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>Frederico Y. Hanai &amp; José R. Campos</b>	Araraquara (Estado de São Paulo)	1997	0,17	Medições em sistemas operando há vários anos.
<b>T. Merriman</b>	EUA	1941	0,03 a 1,4	Medições.
<b>E.W. Steel</b>	EUA	1960	0,40 a 1,37	Recomendações para projeto.
<b>I.W. Santry</b>	EUA	1964	0,3 a 1,4	Medições.
<b>WPCF</b>	EUA	1969	0,27 a 1,09	Recomendações para projeto.
<b>Metcalf &amp; Eddy Inc.</b>	EUA	1981	0,15 a 0,60*	Recomendações para projeto.

\* Valores para 160 m de rede por ha. Dados originais em função de área esgotada

Fonte: Tsutiya e Além Sobrinho, 2011.

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

#### 3.1 A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

A busca da construção do conhecimento científico não é tarefa simples. Isso pois, quando se determina o questionamento da realidade circundante faz-se com o propósito de contribuir efetivamente para com a sociedade e ciência. Investigar é, sobretudo, uma forma de intervenção no cenário social para seu aprimoramento e, ao mesmo tempo a formação, no pesquisador, da capacidade interpretativa, que lhe permite estar na vanguarda do conhecimento e dotado de competência e autonomia.

Não corresponderá ao desafio da cidadania moderna se permanecer na mesma transmissão, cópia, reprodução de conhecimento, no puro ensino e na pura aprendizagem, nos treinamentos domesticadores. Onde o aluno é objeto de aprendizagem, copiam-se lacaios, não se fazem cidadãos competentes. Onde o professor apenas ensino, reproduz-se a sucata, não o projeto próprio de desenvolvimento. (DEMO, 2012, p. 35-36).

Dessa forma afasta-se do acadêmico a condição de simples objeto de transmissão de informações e insere-se, nestes, a possibilidade de novas e heurísticas visões do mundo que o cerca, além da atribuição de competências técnicas através da inevitável construção do conhecimento.

#### 3.2 TIPO DE PESQUISA

O estudo realizado foi caracterizado como pesquisa descritiva, do tipo estudo de caso e de abordagem quantitativa.

O estudo de caso representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados. Pode incluir tantos estudos de caso único quanto de múltiplos, assim como abordagens quantitativas e qualitativas de pesquisa. (YIN, 2001, p. 56).

Então, como pesquisa de abordagem quantitativa, descreveu-se a variável independente determinada previamente que foram manifestadas pela vazão normal de entrada na estação de tratamento em dias regulares, sem excesso de chuvas. As variáveis dependentes foram definidas como as oscilações ocorrida e mensuradas em dias em que há variação no volume pluviométrico com precipitações regulares ou irregulares.

A constatação da existência das variáveis dependentes, levou-nos a uma minuciosa revisão de literatura com a intenção da verificação das variações ocorridas a partir da manipulação destas variáveis. Inobstante esses fatores, as investigações qualitativas requerem a maior fidedignidade na análise e descrição dos dados obtidos para a garantia de resultados adequados. Reveste-se aí de fundamental importância a precisão da leitura bibliográfica realizada para o estudo.

A revisão bibliográfica é sempre útil para fazer comparações com outros casos semelhantes, buscar fundamentação teórica e também para reforçar a argumentação de quem está descrevendo o caso. A discussão permite avaliar os caminhos seguidos (como se desenvolve o caso), desde a elaboração dos objetivos (por que estudar o caso) até as conclusões (o que se aprendeu com o estudo do caso). (VENTURA, 2007, p. 132).

Dessa forma, pode-se afirmar que, essa adequação permitiu uma adequada análise e discussão dos dados obtidos.

Este estudo de caso de abordagem quantitativa procurou, a partir de um criterioso planejamento, responder à questão central da pesquisa (hipótese de trabalho) previamente delimitada que foi: **quais as relações entre a taxa de infiltração e as oscilações de vazão de entrada existentes na estação de tratamento de esgoto – ETE.**

Pode-se afirmar ainda que, após a delimitação da hipótese de trabalho, hipóteses secundárias puderam ser estabelecidas para que fosse, a partir das análises e manipulação das variáveis, determinar sua validação ou refutação.

- a) O aumento de precipitação pluviométrica faz oscilar a vazão de entrada de uma ETE.
- b) O aumento de precipitação pluviométrica não interfere na vazão de entrada da ETE.
- c) A dimensão da tubulação é responsável pelas oscilações na vazão de entrada da ETE.

A partir da definição das hipóteses, processou-se as análises das relações existentes entre as variáveis dependentes manipuladas. Assim, determinou-se a adequação do sistema a partir dos resultados obtidos. Para tanto, foi necessária a precisa definição do objeto, determinação de hipóteses e estabelecimento das variáveis dependentes e da independente. Na sequência estabeleceu-se os critérios para a composição das unidades amostrais quantitativas e sua relação com as variáveis e, finalmente a coleta e análise dos dados.

### 3.3 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC

Para a caracterização do município de Gravatal, fez-se necessário buscar informações sobre localização, topografia, pluviometria e distribuição demográfica, através de dados obtidos na internet ou fornecidos pelo próprio município.

Responsável pelo desenvolvimento econômico e turístico da região, a água termal Gravatalense é considerada a segunda melhor água do mundo, ficando atrás apenas do complexo francês de Ax-Les-Thermes. Captada e utilizada *in natura* por sete hotéis, e disponível para a comunidade, a água jorra a 37°C e isso faz necessário o tratamento de esgoto sanitário na região para que possa ser preservada a qualidade da água no município, que de forma direta ou indireta é a fonte de renda de boa parte da população.

#### 3.3.1 Localização

O município de Gravatal pertence à mesorregião Sul catarinense e a microrregião de Tubarão e estabelece limites com os municípios de Armazém, Imaruí, Laguna, Capivari de Baixo, Tubarão, São Ludgero e Braço do Norte. Tem uma área de 168,42 km<sup>2</sup> e densidade demográfica de 63,15 hab/km<sup>2</sup>. Banhado pelos rios Gravatal e Capivari, ambos pertencentes à bacia do Rio Tubarão. A localização do município pode ser observada pela figura 2:

Figura 2 - Localização do município de Gravatal



Fonte: Gravatal, 2014.

### 3.3.2 Topografia

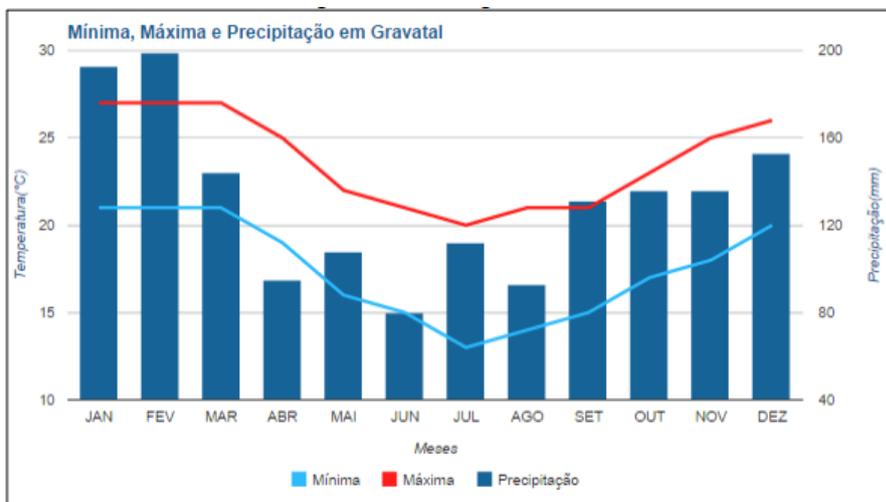
Segundo a CASAN (2012), o relevo do município é constituído por uma planície de superfícies planas, onduladas e montanhosas (Planície Meridional), localizada ao pé da Serra Geral. Possui solo álico com baixa fertilidade e textura variando de argilosa para média argilosa possuindo alguma quantidade de cascalhos.

O levantamento topográfico do município foi nos fornecido pela Prefeitura Municipal de Gravatal em formato .dwg.

### 3.3.3 Pluviometria

O Gráfico 2 mostra a caracterização climatológica do município de Gravatal, onde se observa a precipitação em todos os meses do ano no município, bem como as máximas e mínimas de temperatura. Já na Tabela 2, tem-se a base de dados que foi utilizada para a confecção do gráfico.

Gráfico 2 – Climatologia de Gravatal/SC



Fonte: Gravatal, 2014.

Tabela 2 – Tabela de índices climáticos de Gravatal/SC

<b>Mês</b>	<b>Temp. Mínima (°C)</b>	<b>Temp. Máxima (°C)</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
<b>Janeiro</b>	21	27	193
<b>Fevereiro</b>	21	27	199
<b>Março</b>	21	27	144
<b>Abril</b>	19	25	95
<b>Mai</b>	16	22	108
<b>Junho</b>	15	21	80
<b>Julho</b>	13	20	112
<b>Agosto</b>	14	21	93
<b>Setembro</b>	15	21	131
<b>Outubro</b>	17	23	136
<b>Novembro</b>	18	25	136
<b>Dezembro</b>	20	26	153

Fonte: Gravatal, 2014.

A partir dessas informações pode-se verificar que os meses mais chuvosos são janeiro e fevereiro e que a estiagem ocorre em junho.

De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Gravatal (2014), a precipitação média do município é de 131,66 mm/mês.

Para o acompanhamento das oscilações de vazão nos períodos chuvosos é necessário o acompanhamento da precipitação em milímetros por dia, e para que isso seja possível é necessária a instalação de um pluviômetro na área estudada, já que o município não fornece esse tipo de registro.

### **3.3.4 Estudo Demográfico**

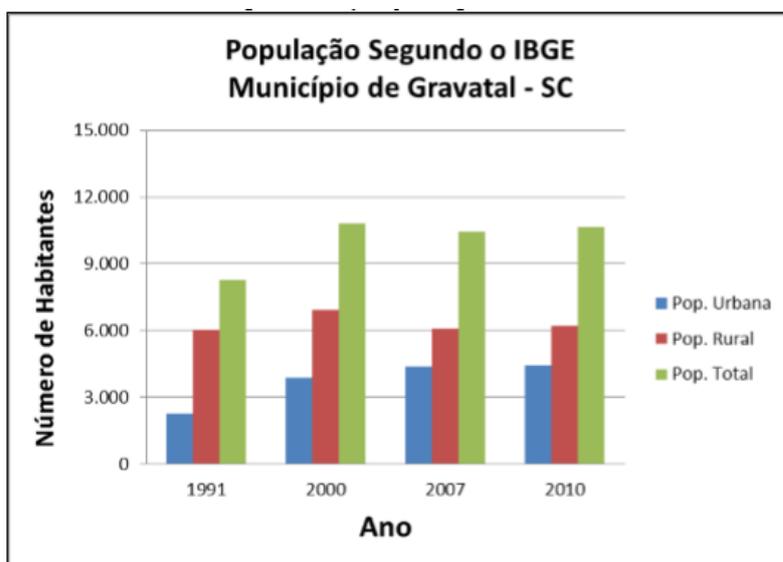
Para obtenção dos dados-base populacionais do município de Gravatal/SC, foi consultado o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, estando os valores obtidos apresentados na Tabela 3 e uma representação gráfica no Gráfico 3.

Tabela 3 - Distribuição populacional de Gravatal segundo IBGE

Ano	Pop. Urbana (hab)	Taxa Crescimento Anual (%)	Pop. Rural (hab)	Taxa Crescimento Anual (%)	Pop. Total (hab)	Taxa de Crescimento Anual (%)
1991	2256	-	6016	-	8272	-
2000	3864	7,92	6935	1,697	10799	3,394
2007	4382	1,915	6076	-1,769	10458	-0,451
2010	4443	0,464	6192	0,636	10635	0,564
<b>Média Anual</b>		5,102		0,154		1,503

Fonte: Gravatal, 2014.

Gráfico 3 - Distribuição populacional do município de Gravatal



Fonte: Gravatal, 2014.

Observa-se que o município de Gravatal apresenta o comportamento da maioria dos municípios brasileiros com o crescimento da população urbana e a redução da população rural.

#### 3.3.4.1 Projeções da População Urbana no Município de Gravatal

De acordo com o Plano de Saneamento do Município, para se ter conhecimento da estimativa populacional, ao longo do horizonte de projeto de 30 anos, foram efetuados os métodos de projeções aritmética e geométrica.

Para tanto, foram simulados valores com base em interpolações dos dados IBGE, no qual foram geradas várias curvas, tanto para o método aritmético, quanto geométrico.

Depois de verificadas as curvas, obteve-se a tendência de cada umas e escolheu-se a que melhor se adequava para o crescimento populacional de Gravatal.

### 3.3.4.1.1 *Projeção Aritmética*

A partir das interpolações realizadas entre todos os anos, gerou-se várias linhas com os dados populacionais ao longo do tempo, conforme o Tabela 4:

Tabela 4 - Linhas de projeção aritmética para Gravatal

<b>Reta</b>	<b>t<sub>0</sub></b>	<b>P<sub>0</sub></b>	<b>t<sub>1</sub></b>	<b>P<sub>1</sub></b>	<b>r</b>
<b>Ari 1</b>	1991	2256	2000	3864	179
<b>Ari 2</b>	1991	2256	2007	4382	133
<b>Ari 3</b>	1991	2256	2010	4443	115
<b>Ari 4</b>	2000	3864	2007	4382	74
<b>Ari 5</b>	2000	3864	2010	4443	58
<b>Ari 6</b>	2007	4382	2010	4443	20

Fonte: Gravatal, 2014.

Como exemplo, será realizada a operação para o ano de 2014, através da reta ARI 1, apenas para demonstrar o funcionamento do método:

$$P = P_0 + r \times (t_i - t_0) \quad (\text{Equação 5})$$

$$P_{(2014)} = 2.256 + 179 \times (2014 - 1991)$$

$$P_{(2014)} = 6.373$$

Assim, realiza-se este procedimento através de uma planilha eletrônica para todos os anos e com todas as retas, obtendo a população corresponde a cada ano.

Para estimar a população urbana ao final do horizonte de projeto, a operação é realizada através da reta ARI 4 devido a esta se apresentar com a melhor curva de crescimento, e os valores obtidos são demonstrados pela tabela 5:

Tabela 5 - Estimativa populacional urbana no município de Gravatal pelo método aritmético

Ano	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2044
<b>População (hab.)</b>	4974	5344	5714	6084	6454	6824	7120

Fonte: Gravatal, 2014.

### 3.3.4.1.2 *Projeção Geométrica*

Para obtenção da estimativa populacional pelo método geométrico foram utilizadas 3 curvas com dados extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística conforme mostra tabela 6:

Tabela 6 - Dados de entrada para projeção geométrica

Reta	t <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>	t <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	q
<b>GEO 1</b>	1991	2256	2010	4443	0,0357
<b>GEO 2</b>	2000	3864	2010	4443	0,014
<b>GEO 3</b>	2007	4382	2010	4443	0,0046

Fonte: Gravatal, 2014.

Para exemplificar, será realizado a obtenção de um valor de população para o ano de 2014, através da reta GEO 1, apenas para demonstrar a sistemática de funcionamento do método:

$$P_1 = P_0 \times e^{q \times (t_1 - t_0)} \quad (\text{Equação 13})$$

$$P(2014) = 2.256 \times e^{0,0357 \times (2014-1991)}$$

$$P(2014) = 5.124$$

A curva adotada para estimativa populacional no Município de Gravatal foi a GEO 2 por estar mais próximo da realidade local, os valores obtidos estão representados na tabela 7:

Tabela 7 - Estimativa populacional do município de Gravatal com projeção geométrica

Ano	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2044
<b>População (hab.)</b>	4764	5109	5478	5874	6299	6755	7142

Fonte: Gravatal, 2014.

### 3.4 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC

Para a realização desta pesquisa, é necessária a caracterização do sistema de esgotamento sanitário no município de Gravatal, onde para a elaboração desta foi fundamental as informações disponibilizadas pelo SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) e pelo PMSB de Gravatal (Plano Municipal de Saneamento Básico), além da realização de visitas técnicas diárias à estação de tratamento de esgoto de Gravatal, contando com a colaboração dos operadores do sistema e do Engenheiro responsável.

### 3.5 MONITORAMENTO DAS VAZÕES DE ENTRADA NA ETE EM GRAVATAL/SC

#### 3.5.1 *Visitas in loco*

O acompanhamento da vazão de entrada na ETE se deu por visitas diárias ao local de estudo, para que se observasse o volume de esgoto medido e a vazão instantânea no medidor eletromagnético (figura 3), instalado na entrada do sistema de tratamento de esgoto. Os valores são extraídos de um painel de controle conforme a figura 4.

Figura 3 – Macro medidor eletromagnético



Fonte: Autores, 2017.

Figura 4 – Painel de controle de vazão e volume de entrada na ETE



Fonte: Autores, 2017.

A estação de tratamento de esgoto de Gravatal, conta com o tratamento de efluentes em dois módulos que operam alternadamente, todavia, apenas um dos módulos possui o equipamento para realizar a medição dos volumes. O valor considerado para cálculo, quando aplicado às vazões, deverá corresponder ao dobro do valor obtido através do equipamento, considerando que cada módulo seja responsável por 50% do trabalho realizado na ETE.

### 3.5.2 Coleta e Organização de Dados

As informações obtidas *in loco* foram distribuídas em uma planilha do Excel, como mostra a tabela 8, onde foram alocados os valores de data da medição, hora em que foi realizada, volume acumulado em metros cúbicos, intervalo em horas, a fim de fornecer a vazão média diária em metros cúbicos por segundo, possibilitando assim a comparação dos dias chuvosos com os períodos sem precipitação.

Tabela 8 - Planilha de acompanhamento de vazão de esgoto e pluviometria

Data	Hora	Volume acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume diário (m <sup>3</sup> )	Intervalo (h)	Vazão média diária (m <sup>3</sup> /s)	Precipitação (mm/dia)	
						P1	P2

Fonte: Autores, 2017.

### 3.6 ACOMPANHAMENTO DA INTENSIDADE DAS CHUVAS EM GRAVATAL/SC

Para realizar comparativo da vazão de esgoto que ocorre nos dias com ou sem precipitação, é de suma importância o conhecimento da altura de chuva diária, e somente assim podemos analisar a influência da infiltração na vazão medida. Com a finalidade de obter esses valores de precipitação em milímetros por dia, foi confeccionado um pluviômetro, pois a municipalidade não conta com esse tipo de registro. Este foi instalado em uma residência unifamiliar no município de Gravatal. Os dados coletados diariamente foram também registrados na mesma planilha de Excel onde foram inseridos os dados relacionados à vazão de esgoto, proporcionando a comparação.

O pluviômetro foi elaborado com um recipiente de área regular e uma fita graduada com o objetivo de extrair os dados de altura de chuva em milímetros, como mostra a figura 5, em um intervalo de 24 horas, compreendido entre as 14 horas de um dia e às 14 horas do dia anterior.

Figura 5 - Pluviômetro



Fonte: Autores, 2017.

## **4 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Nesta etapa da pesquisa foram analisados os dados obtidos através da metodologia apresentada, onde será possível caracterizar o sistema do município, bem como analisar a influência das águas de infiltração nas redes coletoras desse sistema.

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE GRAVATAL/SC**

#### **4.1.1 Tipo de Sistema**

O sistema de esgoto implantado no município de Gravatal/SC é o separador absoluto, onde águas residuais são coletadas em uma rede de esgotamento sanitário, separadamente das águas pluviais, que são transportadas através de uma rede de drenagem até o curso fluvial.

#### **4.1.2 Extensão de Rede**

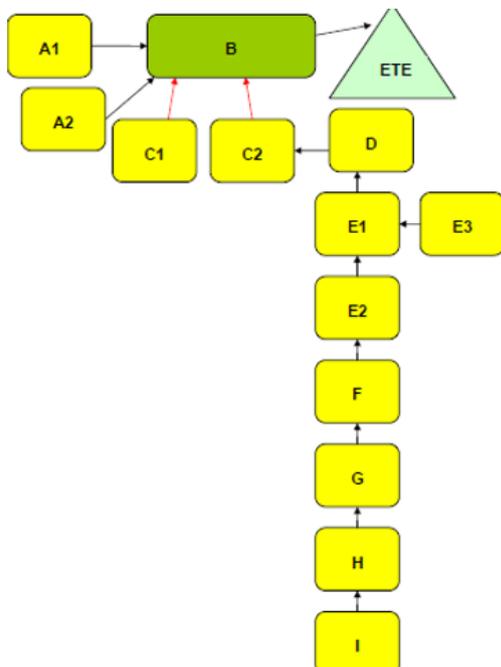
O projeto hidráulico da rede coletora que escoar os fluídos residuais até a ETE foi dividido em 13 bacias, para aproveitar ao máximo a declividade natural do terreno, e foram denominadas A1, A2, B, C1, C2, D, E1, E2, E3, F, G, H e I conforme o fluxograma da figura 6, fornecida pela Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - CASAN, empresa que possuía concessão para operação e administração no período de implantação do sistema. Na tabela 9, foram alocados os dados de extensão de rede por diâmetro e por bacia, fornecidos também pela CASAN. (CASAN, 2012).

Tabela 9 – Extensão de rede coletora por bacia e por diâmetro

Bacia	Diâmetro				Total
	150mm	200mm	250mm	300mm	
A1	1.655	-	-	-	1.655
A2	3.941	-	-	-	3.941
C1	1.730	-	-	-	1.730
C2	2.881	60	94	655	3.690
D	1.629	-	-	-	1.629
E1	5.079	55	407	-	5.541
E2	1.966	142	473	-	2.581
E3	1.963	-	-	-	1.963
F	3.889	581	-	-	4.470
G	2.996	-	-	-	2.996
H	1.842	-	-	-	1.842
I	3.951	-	-	-	3.951
<b>TOTAL</b>	<b>33.522</b>	<b>838</b>	<b>974</b>	<b>655</b>	<b>35.989</b>

Fonte: CASAN, 2012.

Figura 6 – Fluxo de lançamento das bacias da ETE



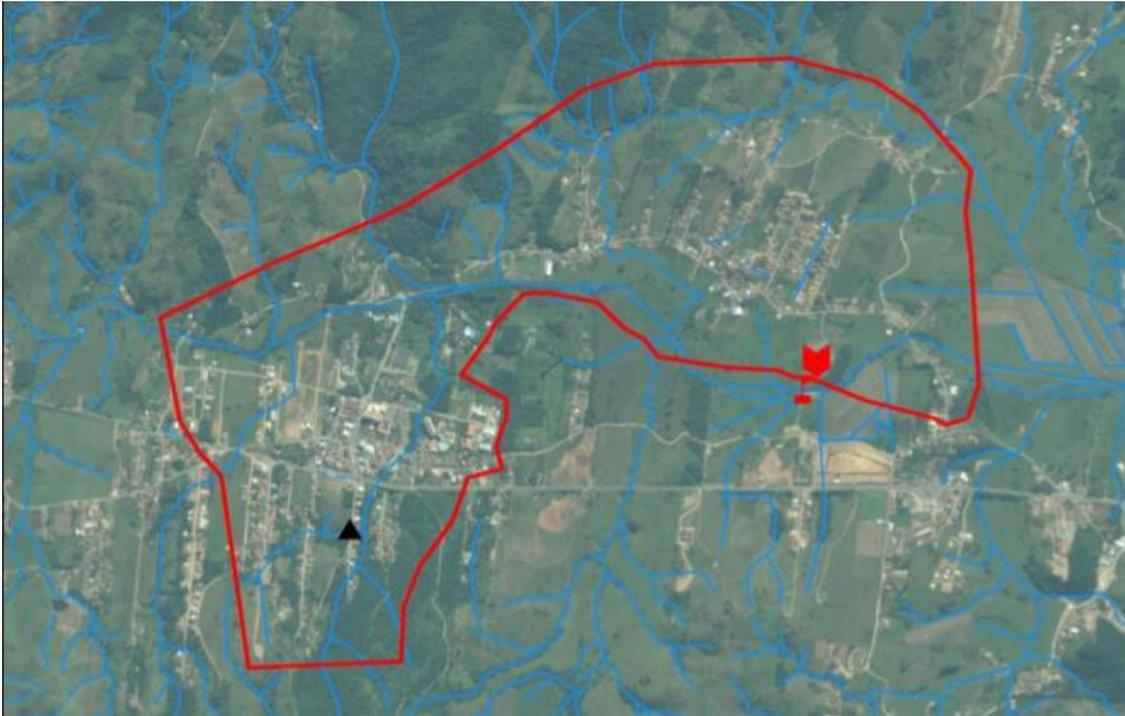
Fonte: Gravatal, 2014.

Porém, segundo operadores do sistema, até o momento, o projeto foi executado apenas nas bacias A1, A2, B, C1, C2, D e E1, por conta da viabilidade econômica, pois se trata de uma longa extensão de rede para um pequeno número de ligações em algumas bacias, nas localidades mais afastadas da ETE. Nas demais bacias, segundo plano municipal de saneamento, existem previsões para a realização da obra, porém para os operadores, é pouco provável diante da inviabilidade econômica.

Para o PMSB, elaborado no ano de 2014, o projeto de implantação do sistema foi dividido em etapas, a bacia B foi implantada na primeira etapa da execução, e as bacias A1, A2, C1, C2, D e E1 na segunda. Desta forma, se realmente finalizado os projetos da segunda etapa do sistema de tratamento de esgoto, a extensão de rede, para segunda etapa é de 18,2 Km. Para o Engenheiro que opera o sistema vários pontos no projeto não foram executados, por exemplo, a Rua Núncio Bez com aproximadamente 800m de rede não executada.

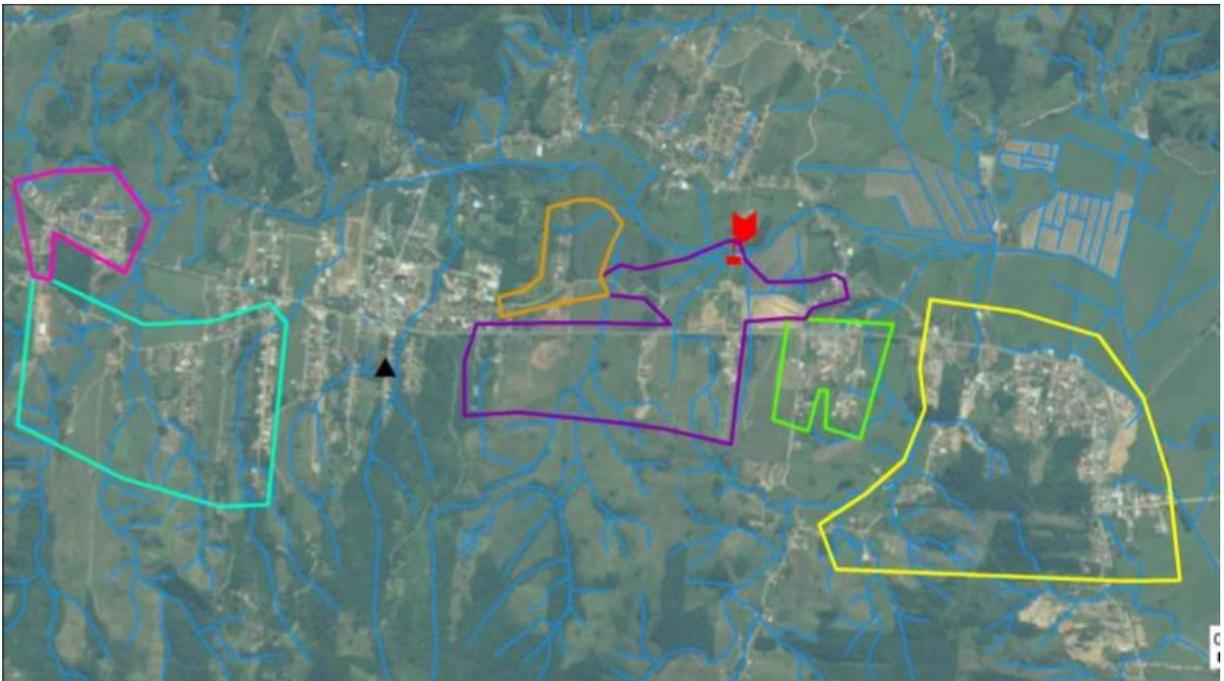
Como abordado anteriormente, para a caracterização da vazão de infiltração na rede, é de suma importância se obter a extensão real da rede executada. Diante das imprecisões e incompatibilidade das informações obtidas quanto à extensão da rede coletora de efluentes, fez-se necessário um trabalho de campo para localizar os poços de visita com a finalidade de mapear a rede. Para realizar a tarefa foi necessário o uso do Mapa do município de Gravatal e um mapa extraído do PMSB contendo as delimitações das bacias que já estão concluídas e operando, conforme as figuras 7 e 8.

Figura 7 – Limites da bacia B, primeira etapa da implantação



Fonte: Gravatal, 2014.

Figura 8 – Limites das bacias da segunda etapa da implantação



Fonte: Gravatal, 2014.

### 4.1.3 Elevatórias e emissários de recalque

O Projeto do sistema de tratamento de esgoto de Gravatal, conta com 11 estações elevatórias segundo a CASAN descreveu em memorial descritivo de implantação, e suas características estão nas tabelas 10 e 11, porém nem todas as bacias foram contempladas com o sistema de tratamento até o ano de 2017, portanto não existem 11 EE instaladas até o presente momento.

Segundo o Plano Municipal de Saneamento, o sistema de abastecimento de esgoto foi dividido em etapas e com a segunda etapa do plano de execução finalizada, as elevatórias já construídas são as elevatórias A1, A2, D e E1, além da elevatória da bacia B já instalada na primeira etapa. Em conversa com funcionários da ETE e com o Engenheiro responsável pela operação do sistema, foi diagnosticado que as elevatórias das bacias A1, A2, B, D e E1 estão concluídas e operando até então.

Tabela 10 – Características das Estações elevatórias.

EE	Diâmetro poço (m)	Altura útil (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	Potência (cv)	HMT (mca)
A1	1,2	0,45	0,51	2,5	17,3
A2	1,5	0,6	1,06	2,91	20,12
D	2,5	1,2	5,89	12,01	16,63
E1	2,5	0,85	4,17	10,35	14,33
E2	2,2	1,2	4,56	4,17	9,38
E3	1,2	0,5	0,57	1,78	12,3
F	2,2	0,8	3,04	8,19	18,43
G	2	1	3,14	2,93	11,99
H	1,8	0,8	2,04	1,6	8,02
I	1,8	0,5	1,27	3,76	26,05

Fonte: CASAN, 2012.

Tabela 11 – Características dos emissários.

Emissário	Comprimento (m)	Diâmetro (mm)	Classe de Pressão no PEAD
A1	836	90	PN8
A2	460	90	PN8
D	645	200	PN8
E1	1.119	200	PN8
E2	274	160	PN8
E3	488	90	PN8
F	2.208	1600	PN8
G	392	125	PN8
H	406	110	PN8
I	1.055	90	PN8

Fonte: CASAN, 2012.

#### 4.1.4 Estação de Tratamento de Esgoto (ETE)

A ETE de Gravatal foi inaugurada em 31 de outubro de 2008 e conforme seu projeto tem capacidade de tratar até 30 l/s, porém atualmente a vazão instantânea é em média de 10 a 12 l/s, representando cerca de 35% da vazão de projeto.

O sistema de tratamento de esgoto é composto pelas seguintes etapas: pré-tratamento (1), equalizador (2), tratamento primário (3), tratamento secundário (4) e desinfecção final (5). As etapas de tratamento primário e secundário são divididas em 2 módulos, os quais foram projetados para trabalhar paralelamente, porém segundo os operadores da ETE, hoje elas trabalham de forma individual e alternada, conforme a demanda e as necessidades de tratamento de efluentes. A figura 9 a seguir mostra uma imagem aérea da Estação de Tratamento de Esgoto de Gravatal/SC, onde notam-se os 2 módulos de tratamento.

Figura 9 - Estação de Tratamento de Esgoto de Gravatal/SC



Fonte: Google, 2017.

Como citado anteriormente, o tratamento de efluentes realizado na ETE de Gravatal é dado pelas seguintes etapas:

1. Pré-tratamento: Uma caixa receptora de esgoto (Figura 11) recebe o efluente proveniente da estação elevatória final (estação de recalque) demonstrada na figura 10 e o despeja sobre uma calha, por onde os resíduos passam por um gradeamento (Figura 12) para reter os sólidos grosseiros que prejudicam o tratamento e por fim os efluentes chegam a uma caixa retentora de gordura (Figura 13), que impede o entupimento das unidades operacionais.

Figura 10 – Estação de recalque



Fonte: Autores, 2017.

Figura 11 – Caixa receptora de esgoto



Fonte: Autores, 2017.

Figura 12 - Sistema de gradeamento



Fonte: Autores, 2017.

Figura 13 – Caixa retentora de gordura



Fonte: Autores, 2017.

2. Equalizador: Saindo do pré-tratamento, o efluente é encaminhado ao equalizador (Figura 14), cuja função é manter uma vazão constante ao Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA). Para manter os sólidos em suspensão nesta unidade, há um misturador. A vazão constante é mantida através de conjunto moto bomba com inversor de frequência. Ao sair do equalizador o efluente é recalcado para os RAFA's, passando por um macro medidor do tipo eletromagnético (Figura 3), onde na mesma figura observa-se a existência de uma válvula de fechamento para o caso da necessidade de manutenção em um dos módulos.

Figura 14 - Equalizador



Fonte: Autores, 2017.

3. Tratamento primário: É composto pelo sistema RAFA, que recebe os efluentes na parte superior, passando por um sistema de caixa de areia (Figura 15) para reter os sólidos que passaram pelo tratamento preliminar e distribuindo igualmente ao fundo do reator por canalizações (Figura 16) externas a estrutura. Após a distribuição no fundo do reator, o efluente recebe o tratamento anaeróbio em fluxo ascendente, atingindo a superfície (Figura 17) e sendo encaminhado por gravidade ao sistema de lodos ativados por batelada. Nesta etapa há significativa emissão de gás metano, por isso foi instalado um queimador de gás

(Figura 18), porém atualmente um dos dois queimadores necessita de manutenção e não está operando.

4. Tratamento secundário: É composto pelo sistema de lodos ativados por batelada (Figura 19) sendo 2 tanques em cada módulo. O processo de tratamento dos lodos ativados por batelada é dividido em 4 fases:

- a) Enchimento – Fase em que o esgoto enche o tanque até o nível superior de operação;
- b) Aeração – Fase em que os aeradores estão ligados durante todo o tempo e o esgoto permanece no nível superior de operação;
- c) Sedimentação – Os aeradores são desligados e os sólidos em suspensão sedimentam no interior do tanque, até uma determinada altura de manta de lodo. A grande vantagem desta operação é de não haver necessidade de um decantador secundário e não há equipamentos específicos de sedimentação;
- d) Retirada do Efluente – O efluente clarificado começa a ser retirado através de um vertedor flutuante e a altura do efluente se reduz até próximo a camada de lodo sedimentado.

Figura 15 – Sistema com caixa de areia no RAFA



Fonte: Autores, 2017.

Figura 16 – Canalizações no RAFA



Fonte: Autores, 2017.

Figura 17 – Superfície do RAFA



Fonte: Autores, 2017.

Figura 18 – Queimador de gás metano



Fonte: Autores, 2017.

Figura 19 – Sistema de tratamento por lodos ativados em bateladas



Fonte: Autores, 2017.

5. Desinfecção final: Após o processo de tratamento secundário, o efluente tratado passa por uma caixa de passagem ou tanque de contato (Figura 20), a qual foi projetada para a realização de desinfecção pela aplicação de cloro-gás (Cl<sub>2</sub>). No entanto, atualmente esta etapa não ocorre, funcionando apenas como uma caixa de passagem para o lançamento no corpo receptor.

Figura 20 – Tanque de contato (tratamento final)



Fonte: Autores, 2017.

O lodo gerado pelo sistema sofre processo de desaguamento através de leitos de secagem. Atualmente existem 22 câmaras de leito de secagem (Figura 21) com medidas de 7 metros de comprimento por 5 metros de largura.

Figura 21 – Leito de secagem dos lodos



Fonte: Autores, 2017.

Por fim, o efluente tratado é lançado no Rio Gravatal, conforme Figura 22.

Figura 22 – Lançamento de esgoto tratado no Rio Gravatal



Fonte: Gravatal, 2014.

#### 4.1.5 Critérios de Projetos Adotados

Os parâmetros de projeto foram estabelecidos de acordo com a normatização interna da CASAN, porém amparados pelas normas, NBR 9648/86 e NBR 9649/86. Foram adotados, para o sistema, os seguintes coeficientes (CASAN, 2012).

- a) Consumo *per capita* de água (q): 150,0 l/hab.dia, valor que segundo a CASAN foi obtido através do seu banco de dados operacional (BADOP);
- b) Coeficiente de retorno (C): 0,80;
- c) Coeficiente de máxima vazão diária (k1): 1,2;
- d) Coeficiente de máxima vazão horária (k2): 1,5;
- e) Coeficiente de mínima vazão horária (k3): 0,5;
- f) Taxa de infiltração (Qinf): 0,20 l/s.km.

#### 4.2 ACOMPANHAMENTO DAS VAZÕES DE ENTRADA NA ETE EM GRAVATAL/SC

O acompanhamento das vazões de entrada na ETE em Gravatal iniciou no dia 16 de agosto de 2017 e foi finalizado no dia 12 de outubro de 2017. Os valores alocados na tabela 12, foram extraídos de um painel de controle referente às informações obtidas por um medidor eletromagnético instalado na ETE, como indica a Figura 4, sempre às 14 horas, procurando respeitar os intervalos de 24 horas entre as medições realizadas. Foram extraídos do painel os valores de volume absoluto tratado, com a diferença de volume entre duas medições e o intervalo horário entre as mesmas, é obtido o valor de vazão média diária, que nos interessa para relação de aumento em dias chuvosos.

Tabela 12 - Acompanhamento da variação de vazão no sistema de esgotamento sanitário em Gravatal/SC

Data	Hora	Volume acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume diário (m <sup>3</sup> )	Intervalo (h)	Vazão média diária (m <sup>3</sup> /s)	Precipitação (mm/dia)		Tipo de chuva
						P1	P2	
16/ago	14:00	698532	96	21	0,001270	0	0	
17/ago	11:00	698628	283	27	0,002912	0	0	
18/ago	14:00	698911	174	24	0,002014	0	0	
19/ago	14:00	699085	632	24	0,007315	19	20	Concentrada
20/ago	14:00	699717	343	24	0,003970	0	0	
21/ago	14:00	700060	289	24	0,003345	0	0	
22/ago	14:00	700349	275	24	0,003183	0	0	
23/ago	14:00	700624	291	24	0,003368	0	0	
24/ago	14:00	700915	297	24	0,003438	0	0	
25/ago	14:00	701212	305	24	0,003530	0	0	
26/ago	14:00	701517	298	24	0,003449	0	0	
27/ago	14:00	701815	255	24	0,002951	0	0	
28/ago	14:00	702070	261	24	0,003021	0	0	
29/ago	14:00	702331	263	24	0,003044	0	0	
30/ago	14:00	702594	275	24	0,003183	0	0	
31/ago	14:00	702869	271	24	0,003137	0	0	
01/set	14:00	703140	267	24	0,003090	0	0	
02/set	14:00	703407	265	24	0,003067	0	0	
03/set	14:00	703672	327	24	0,003785	0	0	
04/set	14:00	703999	248	24	0,002870	0	0	
05/set	14:00	704247	245	24	0,002836	0	0	
06/set	14:00	704492	181	24	0,002095	0	0	
07/set	14:00	704673	269	24	0,003113	0	0	
08/set	14:00	704942	277	24	0,003206	0	0	
09/set	14:00	705219	197	24	0,002280	0	0	
10/set	14:00	705416	211	24	0,002442	0	0	
11/set	14:00	705627	202	24	0,002338	0	0	
12/set	14:00	705829	207	24	0,002396	0	0	
13/set	14:00	706036	214	24	0,002477	0	0	
14/set	14:00	706250	308	24	0,003565	0	0	
15/set	14:00	706558	233	24	0,002697	0	0	
16/set	14:00	706791	235	24	0,002720	0	0	
17/set	14:00	707026	207	24	0,002396	0	0	
18/set	14:00	707233	230	24	0,002662	0	0	
19/set	14:00	707463	233	24	0,002697	0	0	
20/set	14:00	707696	235	24	0,002720	0	0	
21/set	14:00	707931	248	24	0,002870	0	0	
22/set	14:00	708179	247	24	0,002859	0	0	
23/set	14:00	708426	211	24	0,002442	0	0	
24/set	14:00	708637	213	24	0,002465	0	0	

\* Continua na próxima página

Data	Hora	Volume acumulado (m <sup>3</sup> )	Volume diário (m <sup>3</sup> )	Intervalo (h)	Vazão média diária (m <sup>3</sup> /s)	Precipitação (mm/dia)		Tipo de chuva
						P1	P2	
<b>* Continuação da tabela 12</b>								
25/set	14:00	708850	208	24	0,002407	0	0	
26/set	14:00	709058	212	24	0,002454	0	0	
27/set	14:00	709270	283	24	0,003275	1	1	
28/set	14:00	709553	137	24	0,001586	10	10	Distribuída
29/set	14:00	709690	416	24	0,004815	33	33	Distribuída
30/set	14:00	710106	250	24	0,002894	0	0	
01/out	14:00	710356	275	24	0,003183	13	13	Distribuída
02/out	14:00	710631	603	24	0,006979	14	14	Concentrada
03/out	14:00	711234	240	24	0,002778	0	0	
04/out	14:00	711474	277	24	0,003206	0	0	
05/out	14:00	711751	289	24	0,003345	0	0	
06/out	14:00	712040	331	24	0,003831	12	12	Distribuída
07/out	14:00	712371	352	24	0,004074	21	21	Distribuída
08/out	14:00	712723	322	24	0,003727	0	0	
09/out	14:00	713045	255	24	0,002951	0	0	
10/out	14:00	713300	297	24	0,003438	4	4	Distribuída
11/out	14:00	713597	417	24	0,004826	14	14	Concentrada
12/out	14:00	714014	304	24	0,003519	9	9	Distribuída

Fonte: Autores, 2017.

O gráfico 4 mostra a variação da vazão média diária de esgoto tratado na ETE em função do tempo, no período entre 16 de agosto e 12 de outubro de 2017.

Gráfico 4 - Vazão média diária x Tempo



Fonte: Autores, 2017.

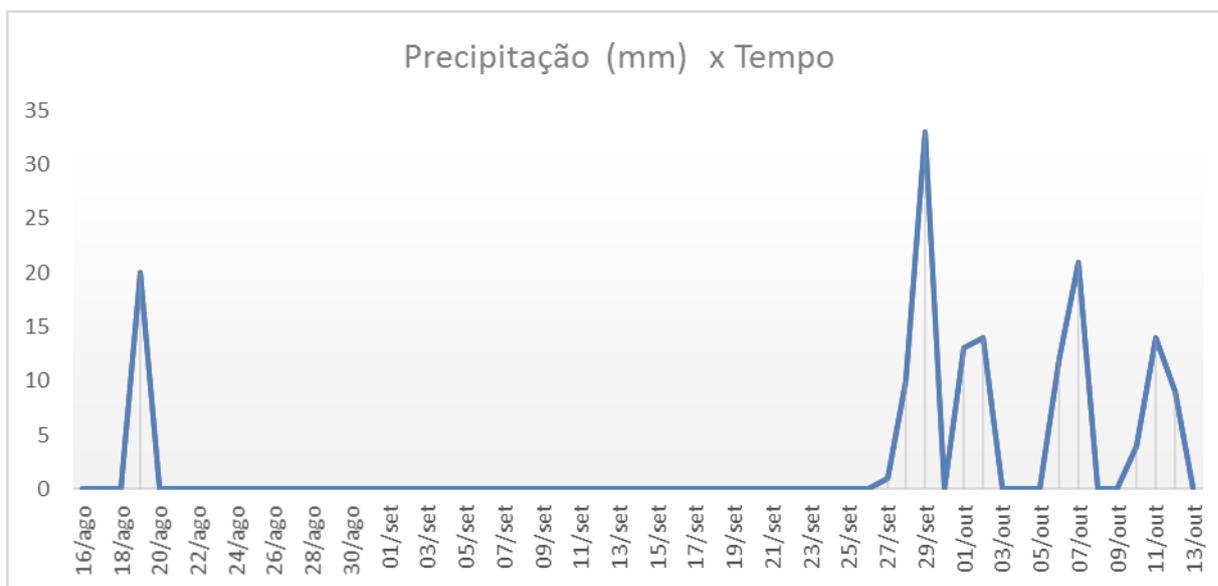
O maior volume diário registrado foi de 632m<sup>3</sup> no dia 19 de agosto, em um sábado, considerando um intervalo de 24 horas completas, neste dia ocorreu uma precipitação de 19mm de chuva característica intensa, onde quase a totalidade da altura medida precipitou em um curto intervalo de tempo, e não ao longo das 24 horas.

#### 4.3 ACOMPANHAMENTO DA INTENSIDADE DAS CHUVAS EM GRAVATAL/SC

Para o acompanhamento da pluviometria no município foi instalado um pluviômetro numa residência unifamiliar localizada em uma bacia atendida pelo sistema. E foram distribuídas na mesma planilha do item anterior, as medições foram também espaçadas em um intervalo de 24 horas e foram realizadas entre 16 de agosto e 12 de outubro de 2017.

No gráfico 5, apresenta-se os valores de altura pluviométrica em milímetros, em função do tempo, no mesmo período.

Gráfico 5 - Precipitação x Tempo



Fonte: Autores, 2017.

Um fato determinante neste estudo de caso foi o longo período de seca dentro do período de coleta de dados, ocasionando em um pequeno número de indicadores de pluviosidade.

O maior valor registrado para precipitação foi 33mm, no dia 29 de setembro, uma sexta-feira, para um intervalo de 24 horas completas. A chuva apresentou característica distribuída e precipitou lentamente ao longo das 24 horas do dia. Para este dia, foi registrado um volume de 416m<sup>3</sup> coletados na ETE.

#### 4.4 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS ÁGUAS DE INFILTRAÇÃO NA VAZÃO DE ENTRADA NA ETE.

Com a proposta do alcance dos objetivos desta pesquisa, nessa etapa será realizada a análise que configura a relação da infiltração nas vazões de efluentes por meio do aumento da pluviosidade.

Segundo informações fornecidas pelo Engenheiro da empresa Atlantis Saneamento, responsável pela manutenção e operação do sistema, o esgoto, em dias de precipitação significativa chega à ETE com características diferentes do efluente recebido em dias secos. O esgoto recebido em dias chuvosos é mais diluído pela presença das águas de infiltração. Segundo ele, os indicadores do correto funcionamento do sistema, como odores, presença de espuma na superfície dos tanques e o nível do pH do efluente, apresentam

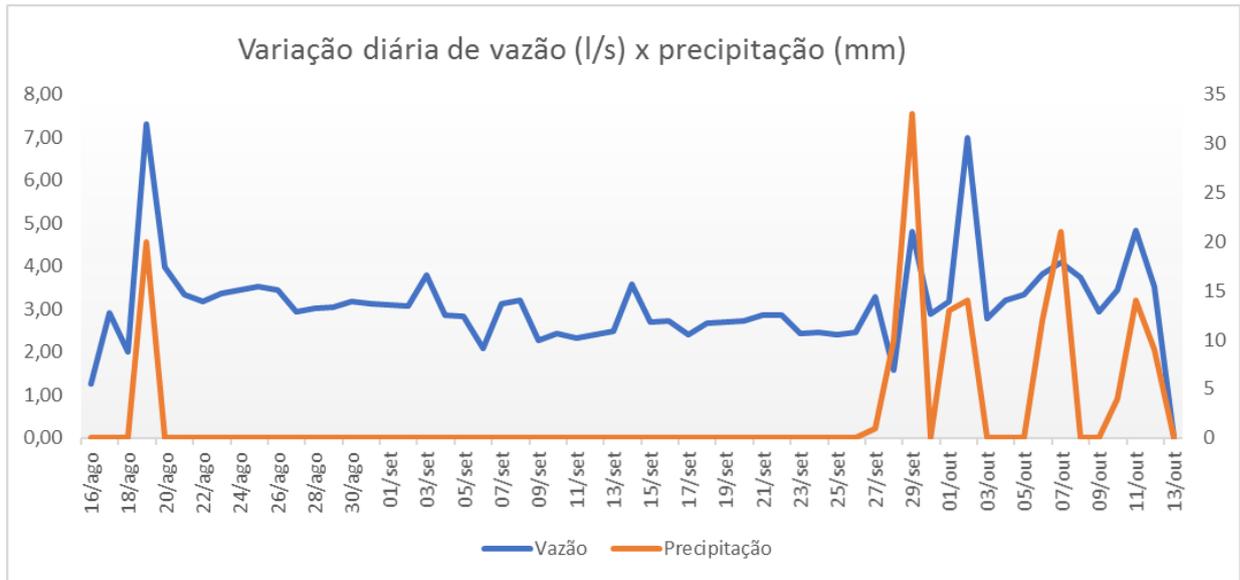
características alteradas, indicando que o tratamento tem eficiência reduzida em dias chuvosos.

Ainda para o Engenheiro responsável, a eficiência esperada no tratamento dos efluentes, para esse sistema, é cerca de 95% em relação as demandas químicas e biológicas (DQO e DBO), proporção que é atingida nos dias secos, não obstante, nos dias chuvosos essa demanda dificilmente é alcançada, e o tratamento tem eficiência de 70 a 80%. No sistema de tratamento por lodos ativados em Gravatal, para alcançar a eficiência desejada é necessário que os tanques passem uma hora pelo processo de aeração e duas horas no processo de sedimentação, todavia nos dias chuvosos recomenda-se, pelo fato de o esgoto estar diluído, duas horas na aeração e quatro horas na sedimentação, o que não ocorre porque a infiltração aumenta a demanda de tratamento, comprovando que as águas de infiltrações são indesejadas nesse sistema.

#### **4.4.1 Variação de Vazão x Variação Pluviométrica**

Conhecer a relação entre a variação de vazão na ETE e os índices pluviométricos do município possibilita a compreensão da importância dos critérios e parâmetros de projeto para o dimensionamento dos elementos de um sistema de esgotamento sanitário. Em especial, para este estudo, a contribuição de infiltração, visto que valores superestimados de taxa de infiltração geram custos excessivos decorrentes do superdimensionamento dos elementos. Em contrapartida, quando os valores de infiltração são subestimados, analisando um horizonte de projeto, se as projeções de aumento populacional se confirmem, é possível que ocorra sobrecarga de efluentes nas redes coletoras e nos demais elementos dimensionados.

Gráfico 6 - Variação diária de vazão x precipitação



Fonte: Autores, 2017.

O gráfico 6 apresenta os valores de vazão média diária dos efluentes na ETE e de altura precipitada em dois eixos, com a finalidade de demonstrar que os comportamentos das duas variáveis são semelhantes, onde os dias com maiores medições de vazão são também os dias com taxas pluviométricas mais elevadas, o que comprova a relação do aumento nas vazões com as taxas de precipitação.

#### 4.4.2 Vazão Média em Dias Secos: Qmds (l/s)

Para Metcalf e Eddy (1991) apud Festi (2006), nos estudos aplicados em redes de esgotamento sanitário, recomenda-se para determinação de período seco, um período de uma semana sem precipitação. Neste estudo, para obter maior precisão, foram utilizados os dados que compreendem os dias entre 26 de agosto e 26 de setembro, onde ocorreu um mês sem precipitações.

A tabela 13 apresenta os valores de vazão média diária em litros por segundo, e volume tratado em litros. A finalidade da escolha desse intervalo de 32 dias como um período seco é a obtenção da média das vazões diárias para o tempo seco, que será alcançada através do método aritmético.

Tabela 13 - Amostragem de volume e vazão para o período seco

<b>Dia</b>	<b>Volume diário: Vd (l)</b>	<b>Vazão med. Diária: Qmd (l/s)</b>
<b>26/ago</b>	298.000	3,449
<b>27/ago</b>	255.000	2,951
<b>28/ago</b>	261.000	3,021
<b>29/ago</b>	263.000	3,044
<b>30/ago</b>	275.000	3,183
<b>31/ago</b>	271.000	3,137
<b>01/set</b>	267.000	3,090
<b>02/set</b>	265.000	3,067
<b>03/set</b>	327.000	3,785
<b>04/set</b>	248.000	2,870
<b>05/set</b>	245.000	2,836
<b>06/set</b>	181.000	2,095
<b>07/set</b>	269.000	3,113
<b>08/set</b>	277.000	3,206
<b>09/set</b>	197.000	2,280
<b>10/set</b>	211.000	2,442
<b>11/set</b>	202.000	2,338
<b>12/set</b>	207.000	2,396
<b>13/set</b>	214.000	2,477
<b>14/set</b>	308.000	3,565
<b>15/set</b>	233.000	2,697
<b>16/set</b>	235.000	2,720
<b>17/set</b>	207.000	2,396
<b>18/set</b>	230.000	2,662
<b>19/set</b>	233.000	2,697
<b>20/set</b>	235.000	2,720
<b>21/set</b>	248.000	2,870
<b>22/set</b>	247.000	2,859
<b>23/set</b>	211.000	2,442
<b>24/set</b>	213.000	2,465
<b>25/set</b>	208.000	2,407
<b>26/set</b>	212.000	2,454

Fonte: Autores, 2017.

O método aritmético para obtenção da Qmds (l/s) é dado pela razão entre o somatório das vazões diárias (Qmd) em l/s e o número de registros (n), conforme a equação 14.

$$Qmds = \frac{\sum Qmd}{n} \quad \text{(Equação 14)}$$

Desse modo,

$$Q_{mds} = \frac{89,734}{32} = 2,804 \text{ l/s}$$

Logo, a vazão média diária para o período seco é de 2,804 l/s, esta obtida através da média das vazões extraídas do monitoramento das vazões na ETE de Gravatal, contudo o sistema possui apenas um medidor eletromagnético em um dos dois módulos que trabalham alternadamente. Sendo assim, para os valores de vazão utilizados com a finalidade de descobrir os índices de infiltração deverá ser empregado duas vezes o valor encontrado em campo. Para o período seco, a vazão média diária é de 5,60 l/s.

#### 4.4.3 Vazão Média em Dias com Precipitação Significativa $Q_{mdp}$ (l/s)

Para Metcalf e Eddy (1991) apud Festi (2006) os eventos de precipitação podem ser classificados em chuvoso significativo, chuvoso não significativo, úmido ou seco, conforme a tabela 14.

Tabela 14 - Classificação dos eventos de precipitação segundo Metcalf e Eddy

<b>Evento</b>	<b>Condição</b>
Chuvoso significativo	Ocorrência de precipitação superior a 10mm
Chuvoso não significativo	Ocorrência de precipitação inferior a 10mm
Úmido	Dois dias subsequentes a um evento significativo
Seco	Com ocorrência de precipitações inferiores a 4mm

Fonte: Metcalf & Eddy, 1991.

Na tabela 15 foram exibidos, para os dias com eventos significativos, os valores de volume diário tratado ( $V_d$ ) em litros, e de vazão média diária ( $Q_{md}$ ). Nesta pesquisa foram considerados para os valores de  $Q_{mdp}$ , os dias em que incidiram precipitações significativas, o que quer dizer, superiores a 10mm, a fim de diagnosticar qualquer aumento notável no volume de esgoto tratado na ETE e conseqüentemente nas vazões do sistema.

Tabela 15 - Amostragem de volume e vazão para o período chuvoso significativo

Data	Volume	Intervalo	Qmd (l/s)	Precipitação (mm)
19/ago	632	24	7,32	20 Concentrada
29/set	416	24	4,82	33 Distribuída
01/out	275	24	3,19	13 Distribuída
02/out	603	24	6,98	14 Concentrada
06/out	331	24	3,84	12 Distribuída
07/out	352	24	4,08	21 Distribuída
11/out	417	24	4,83	14 Concentrada
<b>Média</b>	432,29		5,01	

Fonte: Autores, 2017.

Os eventos foram classificados de acordo com a característica da chuva em sua determinada ocorrência, como distribuída ou concentrada. Distribuída quando a precipitação ocorreu lentamente ao longo do intervalo proposto de 24 horas e concentrada em eventos onde a altura medida precipitou em um curto intervalo de tempo. Essas classificações quanto às características da chuva se fazem necessárias nesse estudo, pois a forma em que o solo recebe e absorve a água pluvial é diferente nos dois casos, em que nos eventos distribuídos o solo apresenta maior absorção e as águas incidem com menor intensidade na vazão de infiltração nas redes coletoras de efluentes.

Analisando que a absorção da água da chuva é muito menor em eventos distribuídos, no dia 01 de outubro ocorreu um evento com pouco volume, e de forma muito distribuída, e conforme a tabela 15 apresentou pouca variação de vazão quanta à vazão média em dias secos, portanto, desconsiderando esse valor, a vazão média para os dias chuvosos passa a ser 5,31 l/s.

O método aritmético para obtenção da Qmdp (l/s) é dado pela razão entre o somatório das vazões diárias (Qmd) em l/s e o número de registros (n), conforme a equação 15.

$$Qmdp = \frac{\sum Qmd}{n} \quad (\text{Equação 15})$$

Em que:

Qmdp = vazão média em dias com precipitação significativa, l/s;

$\sum Qmd$  = somatório da vazão média diária, l/s.

Desse modo,

$$Q_{mdp} = \frac{31,86}{6} = 5,31 \text{ l/s}$$

Logo, a vazão média diária para o período chuvoso é de 5,31 l/s, esta obtida através da média das vazões extraídas do monitoramento das vazões na ETE de Gravatal, contudo, os valores obtidos correspondem a 50% das vazões de fato, visto que o sistema possui dois módulos que trabalham de forma alternada e apenas um possui o medidor eletromagnético. Desse modo, será considerado para obtenção dos valores de infiltração, o dobro da vazão média diária obtida, 10,62 l/s.

#### 4.4.4 Extensão Total de Rede

Para obter valores mais precisos para extensão da rede coletora, foi realizado um minucioso mapeamento dos poços de visita e conseqüentemente da rede, onde foram analisadas todas as ruas e economias nas delimitações das bacias.

O trabalho em campo resultou numa extensão de rede total de aproximadamente 30 km, após concluída a tarefa, gerou-se um documento em formato .pdf, (Apêndice A), contendo o mapeamento das localidades que são atendidas pelo serviço de tratamento de esgotos.

#### 4.4.5 Cálculo da Contribuição de Infiltração

Segundo Metcalf e Eddy (1991) apud Festi (2006), a taxa de infiltração pode ser obtida por meio do monitoramento dos volumes tratados nas estações de tratamento. Com os dados obtidos nesse monitoramento é possível levantar as vazões médias para dias secos e dias com ocorrência de precipitações significativas,  $Q_{mds}$  e  $Q_{mdp}$  respectivamente. Para os pesquisadores, a taxa de infiltração pode ser encontrada através da razão da diferença de vazão nos dois climas e a extensão total da rede coletora de esgoto, conforme mostra a equação 16.

$$i = \frac{Q_{mdp} - Q_{mds}}{L} \quad \text{(Equação 16)}$$

Em que:

Qmdp = vazão média em dias com ocorrência de precipitação significativa, l/s;

Qmds = vazão média em dias secos, l/s;

L = extensão da rede coletora de esgoto, km.

Aplicando os dados obtidos no estudo à metodologia:

$$i = \frac{10,62 - 5,6}{30} = 0,167 \text{ l/s.km}$$

Portanto, a contribuição de infiltração obtida através da aplicação dessa metodologia 0,167 l/s.km, valor que se aproxima muito da taxa de infiltração empregada no projeto que é 0,2 l/s.km.

#### 4.5 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Um problema encontrado nessa pesquisa foi com relação à estação de tratamento, pois esta é dividida em dois módulos que trabalham alternadamente, e apenas um dos módulos de tratamento tem um medidor eletromagnético instalado na entrada. Para solucionar esta limitação, foi definido que os valores extraídos desse medidor correspondem a 50% dos volumes totais na ETE, considerando que os módulos trabalham de forma igualitária.

O longo período sem chuvas, ou com precipitações pouco intensas foi uma condicionante climática que limitou esta pesquisa, já que para o período seco a média foi realizada com um baixo número de amostras. As amostras apesar de serem consideráveis, foram pouco significativas.

É provável que, por ser um sistema relativamente recente, muitas economias não efetuaram suas ligações à rede coletora de esgoto, isso pode ser evidenciado no valor encontrado para vazão média doméstica, em dias secos, de 5,60 l/s, número bem abaixo da vazão estimada para a ETE, apontando que em boa parte do dia, o sistema não opera ou opera com vazões muito baixas. Inclusive se essa vazão doméstica de 5,60 l/s for comparada com a vazão de infiltração obtida nesse estudo que é de 5,02 l/s, as vazões apresentam valores muito aproximados, que denunciam um baixo número de ligações para essa extensão de rede.

## 5 CONCLUSÃO

O Saneamento Básico brasileiro, apesar de apresentar avanços, é ainda muito deficiente, especialmente quando a questão é o tratamento de esgotos sanitários. A falta de investimentos nesse setor é uma realidade em todo o Brasil, no caso do estado de Santa Catarina a situação é ainda mais defasada se analisada separadamente, sendo que praticamente a totalidade dos municípios não contam com esse tipo de serviço. Isso faz ressaltar a importância de estudos nessa área, bem como a implantação dos sistemas de tratamentos de efluentes.

No desenvolvimento de um projeto para tal investimento deve-se ter conhecimento de todos os parâmetros e critérios que são particulares para cada situação. A contribuição de infiltração é um dos critérios que influenciam diretamente no dimensionamento dos sistemas. Uma taxa de infiltração precisa é aliada de um correto dimensionamento das redes coletoras e conseqüentemente das estações de tratamento, e pode evitar possíveis custos excessivos resultantes de um superdimensionamento, bem como evitar uma possível sobrecarga de efluentes no sistema.

Com a proposta de avaliar a contribuição de infiltração no sistema de tratamento de efluentes do município de Gravatal/SC foi realizado o monitoramento das vazões de entrada na ETE em Gravatal e das precipitações no município relacionando os índices pluviométricos às oscilações de vazão.

Para tanto, foi necessário realizar um estudo de caracterização do sistema de tratamento de esgotos do município de Gravatal. Baseado na teoria de Metcalf e Eddy, a pesquisa relacionou os aumentos de vazões às taxas de precipitação e à extensão de rede com a finalidade de conhecer os valores de infiltração, com isso, além do monitoramento das vazões e dos índices pluviométricos, fez-se necessário o mapeamento da rede que transporta os fluídos até a ETE.

Para conhecer as oscilações nas vazões da ETE, foi efetivado o acompanhamento desses valores através de um medidor eletromagnético instalado na ETE que forneceu os valores de volume total tratado, esses valores foram relacionados em uma planilha para fornecerem os valores de vazões médias.

Quanto às precipitações, foram instalados pluviômetros em residências unifamiliares dentro dos limites urbanos do município, os equipamentos contribuíram com os valores de pluviosidade em milímetros por dia.

Os dados obtidos no período de coleta foram separados em amostras para dias secos e chuvosos, distribuídos em tabelas e gráficos que possibilitaram a análise da influência das águas de infiltração nas vazões da ETE.

De acordo com o monitoramento foi possível analisar que as águas de infiltração constituem parte da carga de efluentes a ser transportada pelo sistema, e que o conhecimento da taxa de infiltração pode prevenir gastos excessivos e problemas técnicos decorrentes do emprego indevido desses valores.

Para os dias secos, obteve-se uma vazão média diária de 5,60 l/s, porém os medidores eletromagnéticos informaram vazões instantâneas nos momentos de pico entre 11 e 12 l/s, esta discrepância torna aparente uma possível ociosidade no sistema, quando, segundo os operários, em boa parte do dia a ETE recebe baixa carga de efluentes, resultando em uma vazão média diária baixa em relação às vazões de pico.

Para os dias chuvosos, a vazão resultante do monitoramento foi 10,62 l/s, sendo 5,60 l/s oriundos da vazão doméstica e 5,02 l/s da vazão de infiltração, valor este que corresponde a 47% da vazão total, indicando novamente a baixa vazão doméstica decorrente da falta de ligações na rede por parte das economias.

O valor obtido através da metodologia aplicada para contribuição de infiltração nesse sistema é de 0,167 l/s.km que constitui uma vazão de infiltração de 5,02 l/s ao longo dos 30 km de rede coletora de esgoto do município de Gravatal/SC.

O valor considerado como parâmetro de projeto em Gravatal para contribuição de infiltração é de 0,2 l/s.km, estimativa que se aproxima consideravelmente do resultado obtido no estudo, portanto, o projeto de implantação do sistema no município apresentou adequação, segundo a metodologia proposta, à contribuição de infiltração.

Dessa forma, essa pesquisa alcança os objetivos propostos em sua concepção, onde é possível analisar a influência dos índices pluviométricos e das águas de infiltração nas vazões de esgoto do sistema de esgotamento sanitário de Gravatal/SC.

## 5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS ESTUDOS

A pesquisa contou com um período de coleta de dados de aproximadamente dois meses, com a finalidade de conhecer as oscilações nas vazões por meio do aumento dos índices pluviométricos. Nesses dois meses ocorreram precipitações consideráveis, para metodologia, porém, poderiam ter sido capturadas precipitações mais expressivas se analisado um período maior de coleta de dados. Desta forma, recomenda-se para futuros estudos a

análise das chuvas ao longo de um ano, para que as variáveis climáticas ao longo desse período sejam observadas na pesquisa, resultando assim em um número maior de dias chuvosos e também na possibilidade de resultados mais expressivos para vazão de infiltração.

Os eventos chuvosos foram espaçados em intervalos diários, ou seja, de 24 horas, e medidos através de um pluviômetro, que forneceu os valores em milímetros por dia. Este indicador foi suficiente para realização dessa pesquisa. Contudo, medir os eventos em um intervalo menor ocasiona numa maior precisão quanto à intensidade dessas ocorrências. Desta forma recomenda-se para futuros estudos o emprego de um pluviógrafo, equipamento capaz de registrar graficamente a altura precipitada em um evento em intervalos horários, ou seja, capaz de fornecer os valores de precipitação em milímetros por hora.

Seguindo essas recomendações, será possível a realização da análise da variação horária do comportamento das vazões de esgoto na ETE em relação às precipitações na área estudada.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário.** Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de Redes de Esgoto.** Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15950: Sistemas para distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão — Requisitos para instalação de tubulação de polietileno PE 80 e PE 100.** Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15952: Sistemas para redes de distribuição e adução de água e transporte de esgotos sob pressão — Verificação da estanqueidade hidrostática em tubulações de polietileno.** Rio de Janeiro, 2011.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2015.** Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento, ed. 2.** Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 1981.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. **Memorial Descritivo: Projeto Hidráulico Sanitário S.E.S. Gravatal.** Florianópolis, 2012.

COSTA, Beatriz Veras. **Sistema de Esgotamento Sanitário – Estudo de Caso: Treviso/SC.** 2013. 98 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

DEMO, Pedro. **Pesquisa e construção de conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas.** 7. ed. Rio de Janeiro: Tempo brasileiro, 2012.

DOMINGUES, F. A. A. **Topografia e astronomia de posição para engenheiros e arquitetos.** Editora McGraw-Hill do Brasil, 1979, São Paulo/SP, 403p.

FESTI, Aparecido Vanderlei. **Estimativa da infiltração e do afluxo devido à precipitação na rede de esgoto sanitário em município de pequeno porte.** 2006. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.

GRAVATAL. Prefeitura Municipal. **Plano Municipal de Saneamento Básico**. Disponível em: <[http://www.gravatal.sc.gov.br/uploads/641/arquivos/611275\\_Plano\\_municipal\\_de\\_Saneamento\\_Basico\\_.pdf](http://www.gravatal.sc.gov.br/uploads/641/arquivos/611275_Plano_municipal_de_Saneamento_Basico_.pdf)>. Acesso em: 03 mai. 2017.

HANAI, Frederico Yuri; CAMPOS, José Roberto. **Avaliação de infiltração na rede coletora de esgotos na bacia do Ribeirão do Ouro da cidade de Araraquara, SP**, In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, 1997. Artigo técnico.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Saneamento 2011**. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/0000000105.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ociosidade das Redes de Esgotamento Sanitário no Brasil**. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ociosidade/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

MEJIA, Samantha BlauthKein. **Estudo locacional para a implantação de uma estação de tratamento de esgoto no cabo de Santa Marta – Laguna/SC**. 2014. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitário) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2014.

OLIVEIRA, Anderson Luís, **Saneamento Básico no Brasil: Limites e possibilidades de atuação no setor provado**, UFBA, SALVADOR, 2004.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **O direito humano à água e ao saneamento**. Disponível em: <[http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human\\_right\\_to\\_water\\_and\\_sanitation\\_media\\_brief\\_por.pdf](http://www.un.org/waterforlifedecade/pdf/human_right_to_water_and_sanitation_media_brief_por.pdf)>

PEREIRA, José Almir Rodrigues; SOARES, Jaqueline Maria. **Rede coletora de esgoto sanitário: projeto, construção e operação**. Belém: NUMA/UFPA, 2006.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. **Esgotamento Sanitário: Operação e Manutenção de Redes Coletoras de Esgotos: guia do Profissional em treinamento: Nível 2**, 2008. Disponível em: <[http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/operacao\\_e\\_manutencao\\_de\\_redes\\_coletoras\\_de\\_esgotos.pdf](http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/operacao_e_manutencao_de_redes_coletoras_de_esgotos.pdf)> Acesso em: 02 mai. 2017.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. **Esgoto Sanitário: Projetos e Construção de sistemas de esgotamento sanitário**: guia do profissional em treinamento. Nível 2, 2008. Disponível em: <[http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/projeto\\_e\\_construcao\\_de%20sistemas\\_de\\_esgotamento\\_sanitario.pdf](http://www.unipacvaleadoaco.com.br/ArquivosDiversos/projeto_e_construcao_de%20sistemas_de_esgotamento_sanitario.pdf)> Acesso em: 02 mai. 2017.

TSUTIYA, M.T.; ALÉM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário. 3ª Ed.** ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, 2011.

VENTURA, Magda Maria. O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. Rev SOCERJ. Vol. 20, nº. 5, p.383-386, setembro/outubro 2007. Disponível em: <[http://unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/o\\_estudo\\_de\\_caso\\_como\\_modalidade\\_de\\_pesquisa.pdf](http://unisc.br/portal/upload/com_arquivo/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf)>. Acesso em 23 mai 2017.

YIN, Robert K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. Tradução: Daniel Grassi. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

**APÊNDICES**

**APÊNDICE A – Mapa da rede coletora de esgoto do município de Gravatal/SC**



**ESCALA**  
**1:10.000**

**APÊNDICE A - TCC**

Acadêmicos: Arthur Machado Souza, Eduardo Fernandes da Luz

Instituição: Universidade do Sul de Santa Catarina

Assunto: Mapeamento da Rede Coletora de Esgoto do Município de Gravatal/SC

Extensão de Rede: 30 Km

Legenda:

	Sem Rede de Esgoto
	Com Rede de Esgoto

Prancha:	1/1	A2
Data:	out/17	Rev: 01