

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

**Diego Guedes Madeira**

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ESGOTO DO TIPO  
UNITÁRIO COM POSTERIOR ADEQUAÇÃO AO SISTEMA  
SEPARADOR ABSOLUTO EM FLORES DA CUNHA – RS**

Porto Alegre  
julho 2012

**DIEGO GUEDES MADEIRA**

**IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE ESGOTO DO TIPO  
UNITÁRIO COM POSTERIOR ADEQUAÇÃO AO SISTEMA  
SEPARADOR ABSOLUTO EM FLORES DA CUNHA – RS**

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

**Orientador: Gino Roberto Gehling**

Porto Alegre  
julho 2012

**DIEGO GUEDES MADEIRA**

**IMPLANTAÇÃO PROGRESSIVA DA REDE DE ESGOTO  
SANITÁRIO SEPARADORA ABSOLUTA NO MUNICÍPIO DE  
FLORES DA CUNHA - RS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 13 de julho de 2012

Prof. Gino Roberto Gehling (UFRGS)  
Dr. pela Universidade Politécnica da Catalunha/Espanha  
Orientador

Profa. Carin Maria Schmitt  
Coordenadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Gino Gehling (UFRGS)**  
Dr. Em Engenharia Ambiental pela Universidade Politécnica da Catalunha/Espanha

**Prof. Tiago Luis Gomes (UNISC)**  
Mestre em Saneamento Ambiental pela Universidade Federal de Santa Maria

**Michael Espinosa Herreira**  
Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande

Dedico este trabalho à minha família, cujo apoio foi fundamental para minha caminhada dentro do curso de graduação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, pela dedicação e pelo esforço que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui e também pelo zelo constante pela minha felicidade.

Agradeço aos demais integrantes da minha família pelo carinho e pelo apoio.

Agradeço ao professor orientador que, além de propor o tema deste trabalho, ainda buscou de todas as maneiras me transmitir as informações necessárias para a sua conclusão.

Ao Grupo Sultepa, através de todos os seus profissionais, por me receber de braços abertos e me qualificar para a vida profissional, com um aprendizado que, inclusive, motivou a busca pelo assunto referente a este trabalho.

Por fim, agradeço aos meus amigos, pelos momentos de alegria que me proporcionaram em meio aos compromissos da universidade.

No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.

*Albert Einstein*

## RESUMO

Este trabalho propõe a utilização de um sistema de esgoto do tipo unitário, também denominado combinado, no município de Flores da Cunha, no estado do Rio Grande do Sul, de cunho provisório. Esta solução aproveita as redes existentes de águas pluviais para a coleta de esgoto sanitário, visto que essa é uma realidade, pois grande parte das economias já possui seu sistema de esgotos domésticos conectada a estas redes. Deste modo, este trabalho apresenta uma proposta de empreendimento que permite a melhoria da qualidade dos recursos hídricos da região já em curto prazo e, também, a obtenção de recursos, considerando-se que a partir do início da adoção deste projeto já haverá a prestação de um serviço à população, cuja remuneração poderá financiar as obras futuras. Vale salientar que este tipo de solução baseia-se em legislação recente e é definida como provisória. Desta forma, deve ser apresentado um plano de implementação progressiva da rede coletora separadora absoluta, para que em fim de plano, obtenha-se uma rede do tipo separadora absoluta, que é exigência da legislação brasileira. Este modelo alternativo de empreendimento baseia-se na legislação recente, que passou a permitir que se considere etapas progressivas na eficiência do tratamento em sistemas de esgotamento sanitário. Além disto, deve-se proceder mudanças na concepção do projeto, de modo que se permita realizar o tratamento neste novo sistema, que passa a receber, mesmo que de forma provisória, contribuições de esgoto sanitário e pluvial. Além dos problemas criados em bocas-de-lobo, onde ocorre a saída de gases da rede sanitária às ruas, deve-se realizar mudanças no dimensionamento e na operação das estações de tratamento, permitindo que estas suportem as grandes variações que ocorrerão no volume e na carga orgânica, à qual a instalação está submetida. Entretanto, mesmo com estas pequenas alterações, pode-se perceber que este modo implementação dos sistemas é um grande facilitador para os municípios, pois envolve menores custos iniciais de implantação e agiliza o processo de recuperação dos recursos hídricos nos municípios.

Palavras-chave: Esgoto Sanitário. Esgoto Unitário. Esgoto Combinado.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema visual das etapas de pesquisa .....	18
Figura 2 – Apresentação esquemática dos efeitos gerados pela urbanização .....	24
Figura 3 – Sistema unitário com extravasor .....	38
Figura 4 – Sistema unitário com extravasor e reservatório .....	39
Figura 5 – Foto aérea da zona urbana .....	47
Figura 6 – Fluxograma de identificação da situação do sistema de escoamento .....	59
Figura 7 – Caixa ecológica para esgotos .....	65
Figura 8 – Caixa ecológica para esgotos instalada em Viamão/RS .....	65
Figura 9 – Estruturas de regulação e desvio .....	67

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – População por situação de domicílio .....	48
Tabela 2 – A evolução da indústria de Flores da Cunha .....	49
Tabela 3 – A evolução do comércio de Flores da Cunha .....	50
Tabela 4 – A evolução da pecuária de Flores da Cunha .....	50
Tabela 5 – População total estimada da zona urbana .....	51
Tabela 6 – População estimada da zona urbana por bacia de esgotamento .....	51
Tabela 7 – Vazões domésticas por bacia de esgotamento .....	52
Tabela 8 – Cargas de DBO e SS por bacia de esgotamento .....	53
Tabela 9 – Cargas de DBO e SS por bacia de esgotamento .....	53
Tabela 10 – Redes coletoras Sistema Centro .....	54
Tabela 11 – Estações de tratamento Sistema Sul .....	55
Tabela 12 – Redes coletoras Sistema Sul .....	55
Tabela 13 – Parâmetros de projeto para início de plano .....	57
Tabela 14 – Parâmetros de projeto para fim de plano .....	58
Tabela 15 – População estimada da zona urbana por bacia de esgotamento .....	71
Tabela 16 – Vazões domésticas por bacia de esgotamento .....	73
Tabela 17 – Vazões médias de esgoto por bacia (L/s) .....	74
Tabela 18 – Fluxo de caixa para projeto convencional .....	77
Tabela 19 – Fluxo de caixa para proposta deste trabalho .....	79
Tabela 20 – Análise VPL .....	80

## **LISTA DE SIGLAS**

CP – Caixa de passagem

DBO – Demanda bioquímica de oxigênio

DQO – Demanda química de oxigênio

EBE – Estação de bombeamento de esgoto

ETE – Estação de tratamento de esgoto

PDES – Plano diretor de esgotos sanitários

PV – Poço de visita

SES – Sistema de esgotamento sanitário

SS – Sólidos suspensos

TIL – Tubo de inspeção e limpeza

TL – Terminal de limpeza

VPL – Valor presente líquido

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	<b>16</b>
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	16
2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO .....	16
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	<b>16</b>
<b>2.2.2 Objetivos Secundários</b> .....	<b>16</b>
2.3 PRESSUPOSTO .....	17
2.4 PREMISA .....	17
2.5 DELIMITAÇÕES .....	17
2.6 LIMITAÇÕES .....	17
2.7 DELINEAMENTO .....	18
<b>3 SANEAMENTO BÁSICO</b> .....	<b>20</b>
3.1 HISTÓRICO .....	20
3.2 SANEAMENTO NO BRASIL .....	21
3.3 POLUIÇÃO AMBIENTAL .....	22
3.4 SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA .....	23
<b>4 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO</b> .....	<b>24</b>
4.1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO .....	24
4.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO .....	26
<b>4.2.1 Ramais Prediais</b> .....	<b>26</b>
<b>4.2.2 Redes Coletoras</b> .....	<b>26</b>
<b>4.2.3 Poços de Visita</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2.4 Tubos de Inspeção e Limpeza</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2.5 Terminais de Limpeza</b> .....	<b>27</b>
<b>4.2.6 Caixas de Passagem</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.7 Interceptores</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.8 Emissários</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.9 Estações de Bombeamento de Esgoto</b> .....	<b>28</b>
<b>4.2.10 Estações de Tratamento de Esgoto</b> .....	<b>29</b>
4.3 PROJETO .....	29
<b>4.3.1 Estudo de Concepção</b> .....	<b>29</b>
<b>4.3.2 Projeto Básico</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3.3 Projeto Executivo</b> .....	<b>30</b>

4.4 SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS .....	30
<b>5 SISTEMAS UNITÁRIOS OU COMBINADOS .....</b>	<b>36</b>
5.1 INÍCIO DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS UNITÁRIOS .....	37
5.2 TIPOS DE SISTEMA UNITÁRIO .....	37
<b>5.2.1 Sistema unitário com extravasor .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.2 Sistema unitário com extravasor e reservatório .....</b>	<b>38</b>
5.3 A PRÁTICA EUROPÉIA .....	38
5.4 SITUAÇÃO ATUAL DAS REDES PÚBLICAS .....	40
5.5 POSSIBILIDADES DE USO .....	41
5.6 TRATAMENTO DE EFLUENTES EM SISTEMAS UNITÁRIOS .....	41
5.7 COMPONENTES DO SISTEMA UNITÁRIO .....	41
5.8 VAZÕES EM SISTEMAS UNITÁRIOS .....	42
5.9 COMPOSIÇÃO DE ESGOTOS COMBINADOS .....	43
5.10 PROBLEMAS NO MANEJO DE ESGOTOS COMBINADOS .....	44
<b>5.10.1 Lavagem da biomassa .....</b>	<b>44</b>
<b>5.10.2 Redução da taxa de remoção de DBO .....</b>	<b>44</b>
<b>5.10.3 Carga de choque .....</b>	<b>44</b>
<b>5.10.4 Alteração nas características de sedimentação .....</b>	<b>45</b>
<b>5.10.5 Acúmulo de areia .....</b>	<b>45</b>
<b>5.10.6 Acúmulo de resíduos em bacias de retenção .....</b>	<b>45</b>
<b>5.10.7 Mau cheiro em bocas de lobo .....</b>	<b>45</b>
5.11 QUESTÃO AMBIENTAL .....	47
<b>6 SES FLORES DA CUNHA .....</b>	<b>47</b>
6.1 LOCALIZAÇÃO .....	47
6.2 POPULAÇÃO .....	48
6.3 SERVIÇOS PÚBLICOS .....	48
6.4 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO .....	49
6.5 PROJETO DO SES .....	50
<b>6.5.1 População .....</b>	<b>50</b>
<b>6.5.2 Indústrias .....</b>	<b>53</b>
<b>6.5.3 Concepção do projeto .....</b>	<b>54</b>
6.5.3.1 Sistema Centro .....	54
6.5.3.2 Sistema Sul .....	54
<b>6.5.4 Parâmetros de projeto .....</b>	<b>56</b>
<b>7 PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O SES .....</b>	<b>59</b>

7.1 VIABILIZAÇÃO AMBIENTAL .....	60
7.2 VIABILIZAÇÃO TÉCNICA .....	63
<b>7.2.1 Alterações nas redes .....</b>	<b>63</b>
<b>7.2.2 Alterações nas ETE .....</b>	<b>65</b>
7.2.2.1 Sobrecarga hidráulica .....	66
7.2.2.2 Presença de areia e material sólido .....	68
7.2.2.3 Variação na qualidade do esgoto .....	69
7.2.2.4 Operação dos sistemas .....	69
7.3 COMPARAÇÃO ECONÔMICA .....	70
<b>7.3.1 Implantação do sistema no modelo convencional .....</b>	<b>76</b>
<b>7.3.2 Implantação do sistema no modelo proposto .....</b>	<b>78</b>
<b>7.3.3 Resultados da comparação dos projetos .....</b>	<b>80</b>
<b>8 CONCLUSÕES .....</b>	<b>81</b>
REFERÊNCIAS .....	83



## 1 INTRODUÇÃO

Vive-se hoje o despertar da humanidade para os problemas ambientais. Finalmente há um consenso geral para a conscientização da população e, mais do que isso, há a necessidade da tomada de medidas preventivas, compensatórias e de recuperação de recursos naturais. A abominação de práticas que deterioram o meio ambiente e a criação de leis ambientais rigorosas em muitos países já demonstram um panorama favorável à mudança desta situação, entretanto, muitas vezes a boa vontade acaba esbarrando em problemas econômicos.

A água pode ser considerada o principal dos recursos naturais, pois, além de todas as suas utilidades, ainda é um bem indispensável à vida humana. Sua importância faz com que se torne uma das maiores preocupações, visto que este bem já se encontra bastante poluído e suas quantidades são bastante escassas, ao contrário do que se imaginava há décadas.

Após a difusão de sistemas de abastecimento de água, além de facilitar o acesso à higiene e ao consumo para fins privados, acaba-se transformando a água em veículo para transporte de impurezas, uma vez que a diluição destes em meio aquoso facilita e torna viável o processo. Contudo, após esta evolução tecnológica não houve um manejo adequado do produto gerado nesse sistema, fazendo-se, na maioria das vezes, o despejo direto e sem tratamento nos cursos de água. Com o grande crescimento da população no último século, que gerou um uso intensivo de água em habitações e indústrias, acaba por ocorrer um grande impacto nas águas superficiais e subterrâneas devido a esses despejos, fazendo surgir o problema da falta de água ou de sua má qualidade para o consumo.

Assim sendo, o tratamento de esgotos domésticos e efluentes industriais desponta como uma ação fundamental para garantir a vida em nosso Planeta. O sistema separador absoluto é um consenso quase geral, porém, a instalação repentina de um sistema deste porte incide em muitos dispêndios para a companhia que detém a concessão dos serviços, gerando, ainda, diversos problemas relacionados ao impacto destas grandes intervenções urbanas que afetam o trânsito, o comércio local e a população em geral. Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 3), este sistema consiste em veicular em canalizações distintas e independentes, as águas pluviais e o esgoto sanitário.

Entretanto, segundo Gehling e Benetti (2005, p. 11), a maioria das cidades brasileiras efetua somente a captação das águas pluviais e, muitas vezes, as economias instalam suas saídas de esgoto sanitário ligadas a estas redes coletoras, caracterizando, na prática, um sistema de esgotamento combinado. Este sistema, posteriormente, efetua o despejo praticamente *in natura* destes resíduos na natureza. Estas cidades, também em sua grande maioria, não têm disponibilidade imediata de recursos para instalar rapidamente novos sistemas de coleta. Por isso, surge a possibilidade de implantação de estações de tratamento adaptadas para receber o esgoto misturado, até determinadas vazões, fazendo-se um extravasor para momentos de grandes intempéries, evitando que a instalação seja submetida a uma situação de operação para a qual não foi projetada.

Neste trabalho será realizada a análise, de forma estruturada, da viabilidade da implantação deste tipo de sistema unitário, nos âmbitos ambientais, técnicos e financeiros, de forma provisória e atrelada a um projeto futuro de implantação gradativa do sistema separador absoluto no município de Flores da Cunha-RS. Desta maneira, ao realizar investimentos menores e de baixo impacto socioeconômico, a companhia arrecadará as taxas das moradias já contempladas com o tratamento de seu esgoto sanitário, viabilizando assim as obras futuras de implantação de novas redes coletoras, estas sim, do tipo separador absoluto.

A solução abordada neste trabalho é a integração provisória dos esgotos sanitários e pluviais. O trabalho tem em seu escopo demonstrar que o aproveitamento temporário de uma rede mista (esgoto sanitário e pluvial) permitirá uma significativa economia, sempre que comparada com a implantação de rede separadora absoluta em toda a zona urbana de uma só vez. Desvantagens da adoção de sistemas mistos também deverão ser identificadas e, se possível, serão abordadas medidas paliativas para a solução das mesmas.

Para apresentação desta proposta, o capítulo 2 apresenta as diretrizes adotadas durante a pesquisa. No capítulo 3, apresenta-se as definições de saneamento básico através de seu histórico, de sua influência na saúde da população e das principais medidas que ele compreende. No capítulo 4, apresenta-se os sistemas de esgotamento sanitário, com todas suas características e componentes. No capítulo 5, são apresentadas razões para que se opte pela utilização dos sistemas do tipo unitário, além de suas principais vantagens e desvantagens. O capítulo 6 apresenta o sistema de esgotamento sanitário previsto para o município de Flores da Cunha – RS, através da apresentação de indicadores do município, perspectivas de

crescimento da população e do pré-dimensionamento de suas redes coletoras e demais estruturas. No capítulo 7, apresenta-se a proposta alternativa para a implantação do SES de Flores da Cunha. Neste capítulo ainda são demonstrados todos os pontos que deverão receber cuidados especiais de projetistas e dos órgãos responsáveis pela prestação destes serviços, para que se permita realizar o licenciamento, o projeto e a operação correta de empreendimentos deste tipo. Por fim, no capítulo 8 são apresentadas as conclusões referentes a este trabalho.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

Para a elaboração do presente trabalho foram definidas as seguintes diretrizes para o seu desenvolvimento.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão da pesquisa deste trabalho é: dados os altos custos de implantação de sistemas de coleta de esgoto sanitário do tipo separador absoluto, quais medidas devem ser tomadas para a adoção de redes mistas provisórias em sistemas de esgotamento sanitário e quais as vantagens que podem ser obtidas?

### **2.2 OBJETIVOS DO TRABALHO**

Os objetivos do trabalho estão classificados em principal e secundários e são apresentados nos próximos itens.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal é a descrição de técnicas e ações que permitam viabilizar a implantação de uma rede mista de esgotos, de cunho provisório, e para realizar uma adequação progressiva da situação para o sistema separador absoluto, apresentando uma comparação econômica das duas hipóteses.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Os objetivos secundários deste trabalho são:

- a) descrição de critérios de adequação das estações de tratamento de esgoto (ETE) para a grande variação na vazão coletada e na concentração de carga orgânica, analisada através da demanda bioquímica de oxigênio, do efluente coletado pela rede mista;

- b) apresentação de modelos viáveis de caixas limitadoras de vazão, necessárias para impedir sobrecargas hidráulicas às ETE;
- c) descrição de métodos inovadores que começam a ser adotados para evitar exalação de maus odores em bocas de lobo;
- d) realização de comparativo de custos entre a implantação convencional de um sistema de esgotamento sanitário e a proposta por este trabalho.

## 2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que a rede de drenagem pluvial proposta no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Flores da Cunha, já esteja implantada e seja adequada à incorporação da contribuição de esgotos sanitários (efluentes de fossas e filtros anaeróbios).

## 2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que a postergação de investimentos necessários para a implantação do sistema separador absoluto viabiliza a implantação de um sistema de coleta e tratamento de esgotos sanitários combinado, permitindo incrementar de forma mais acelerada o nível de tratamento de esgotos em municípios do estado do Rio Grande do Sul.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se aos dados disponíveis através de projetos de extensão institucional da UFRGS para os sistemas de esgotamento sanitário e de esgotamento pluvial propostos para Flores da Cunha-RS.

## 2.6 LIMITAÇÕES

As limitações do trabalho são:

- a) assumir o pré-dimensionamento e o orçamento relativo ao sistema separador absoluto, contemplado no Plano Diretor de Esgotos Sanitários de Flores da Cunha;
- b) assumir pré-dimensionamento e orçamento relativo ao sistema de drenagem pluvial de Flores da Cunha, contemplado no Plano Diretor de Drenagem Urbana de Flores da Cunha, procedendo às necessárias atualizações;

- c) adoção dos dados do projeto institucional da UFRGS, desenvolvido para o município de Flores da Cunha-RS, que contemplou o esgotamento sanitário e o esgotamento pluvial;
- d) com a finalidade de se aproveitar os estudos já realizados, será mantida a data de início e fim de plano, criando-se um cenário que permita que sejam realizadas comparações.

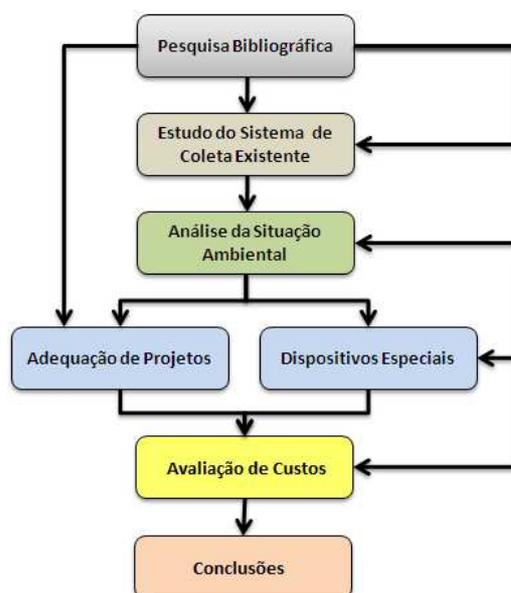
## 2.7 DELINEAMENTO

Para a realização deste trabalho serão obedecidas as etapas discriminadas a seguir:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) estudo do sistema de coleta existente;
- c) análise da situação ambiental do problema;
- d) definição de adequações dos projetos;
- e) definição de dispositivos especiais;
- f) avaliação de custos;
- g) conclusões.

Deste modo, foi elaborado um esquema visual apresentando o fluxo das etapas que serão abordadas por este trabalho, conforme consta na figura 1.

Figura 1 – esquema visual das etapas de pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Na pesquisa bibliográfica, foi realizada uma busca por conteúdos referentes ao tema em questão. Inicialmente realizou-se uma introdução do problema e, num segundo momento, a abordagem mais técnica do mesmo. Foram analisados projetos internacionais existentes, bem como publicações nacionais que já começam a tratar sobre a solução proposta. Cabe acrescentar que, ao longo de todo o tempo, foram realizadas consultas a diversos tipos de trabalhos, obtidos através de pesquisas em bibliotecas, da rede mundial de computadores, de contatos com engenheiros da área e fornecidos pelo professor orientador.

O estudo do sistema de coleta existente foi feito a partir da análise do Plano Diretor de Esgoto Sanitário do município de Flores da Cunha, no qual foram avaliadas as redes existentes, as projetadas e também a população atendida, explicitando suas características e as projeções de crescimento para o futuro, permitindo a correta análise de futuros empreendimentos. Em sequência, realizou-se a análise da situação ambiental do empreendimento, quando foram abordadas maneiras de viabilizar a proposta do trabalho, de acordo com as leis ambientais vigentes.

A etapa de dispositivos especiais refere-se ao estágio do trabalho em que foram apresentados os equipamentos que devem ser empregados nas redes combinadas para comportar as características peculiares deste tipo de sistema, bem como possíveis inovações que deverão ser introduzidas. Em paralelo, serão apresentadas adequações que serão necessárias no projeto de esgotamento sanitário para que se obtenha um desempenho satisfatório das redes, das instalações e do tratamento do efluente coletado.

A etapa de avaliação de custos definiu um ponto importante para a viabilização deste projeto. Nesta etapa do trabalho na qual foi realizada a comparação econômica entre a situação proposta e um sistema convencional do tipo separador absoluto, são apresentadas as vantagens financeiras obtidas através deste modo de condução da implementação do Sistema de Esgotamento Sanitário de Flores da Cunha.

Por fim, foram descritas as conclusões, apresentando um fechamento do trabalho e analisando as vantagens e desvantagens do sistema proposto, demonstrando também fatores que ainda deverão ser aprimorados na área técnica e legislativa para que se possa aplicar estes sistemas.

### 3 SANEAMENTO BÁSICO

Para que se faça uma correta análise desta pesquisa, inicialmente é necessária a ambientação com a atmosfera que circunda este assunto. Saneamento básico é um tema que aborda todos os meios que podem afetar de forma física, mental ou social a população. De um modo geral, pode-se dizer que ele é um conjunto de medidas e intervenções visando a busca por salubridade nos ambientes. Saneamento básico compreende um conjunto de ações, em diversas áreas de atuação, entre as quais se pode destacar:

- a) abastecimento de água;
- b) coleta e tratamento de águas residuárias;
- c) coleta de águas pluviais;
- d) controle de vetores transmissores de doenças;
- e) coleta, transporte e acondicionamento de resíduos sólidos;
- f) controle da poluição ambiental.

O presente trabalho, no entanto, apresenta apenas uma proposta para coleta e tratamento de esgotos sanitários, utilizando para isso, as redes de esgotos pluviais existentes. Desta forma, nos itens a seguir, apresenta-se o saneamento desde seu passado, passando por sua concepção de projetos e compreendendo todos os problemas envolvidos.

#### 3.1 HISTÓRICO

Embora não se tenha, no Brasil, uma rede de coleta de esgotos adequada implantada para a atual demanda em todos os municípios, deve ser salientado que este tipo de atividade não é nenhuma novidade, embora somente tenha recebido o devido destaque nas últimas décadas. Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 1), seis séculos antes do nascimento de Cristo já surgia a primeira rede de esgoto planejada do mundo de que se tem conhecimento. Esta rede foi denominada Cloaca Máxima e se situava na capital romana, a qual era responsável pela coleta dos esgotos domésticos gerados nas áreas adjacentes ao fórum e também pela drenagem superficial do Município, como forma de combater a disseminação de doenças

como a malária, veiculadas pela água e que, à época, eram causadoras de grandes epidemias devido ao reduzido nível de conhecimento da Medicina naquele momento.

A partir do final do século XVII, durante o advento da Revolução Industrial, diversas grandes cidades começaram a implantar redes para coletar esgotos domésticos, água da chuva e, eventualmente, efluentes industriais. Dentre as mais importantes delas pode-se destacar Boston, Rio de Janeiro, Paris, Buenos Aires e Viena. A presença destas obras em diversos locais do planeta demonstra um consenso geral sobre a necessidade da adoção de medidas para evitar a poluição dos recursos hídricos, porém, estes ainda eram projetos modelo e apenas grandes cidades eram capazes de implantá-los de fato (TSUTIYA; ALEM SOBRINHO, 2000, p. 1). Outro fato que merece destaque é que, neste período, a grande maioria das cidades tinha a simples intenção de afastar o esgoto das cidades, sem a realização de qualquer tipo de tratamento. Benetti (2009, p. 4) faz os seguintes comentários sobre o início das grandes obras de saneamento:

Até a implantação da chamada “revolução sanitária” – como ficou conhecida a introdução de sistemas de água potável e coleta de esgotos – as cidades eram locais terrivelmente insalubres, sujeitas a frequentes epidemias de doenças contagiosas. Uma luz sobre o problema foi trazida pelo médico inglês John Snow. Em 1854, durante uma epidemia de cólera em Londres, Snow provou que pessoas adquiriram a doença após consumirem água contaminada de um poço público.

### 3.2 SANEAMENTO NO BRASIL

No Brasil, a Engenharia Sanitária e seus profissionais obtiveram crescimento notável nos últimos anos, aprimorando conhecimentos e desenvolvendo novas medidas técnicas para a solução de problemas. Grande parte da população brasileira possui um excelente atendimento no que tange ao abastecimento de água potável e grande parte deste feito se deve a grandes obras sanitárias que instalaram novos sistemas e ampliaram outros já existentes. Contudo, grandes esforços têm sido feitos para que o esgotamento sanitário atinja também elevados níveis de atendimento. A situação atual exige grandes investimentos em termos quantitativos para que a coleta chegue à maioria da população, mas, também, exige que sejam aprimoradas as técnicas utilizadas. Por muitos anos ainda serão necessários grandes investimentos na área de saneamento, especificamente no tratamento de esgotos, para que se obtenha uma melhora significativa na situação do País de modo a preservar os recursos naturais.

Ainda sobre a realidade brasileira, Gehling e Benetti (2005, p. 3) referem que:

As primeiras redes de esgotos que foram construídas destinavam-se unicamente ao transporte de águas da chuva. Com o crescimento das cidades, o problema da disposição dos esgotos sanitários tornou-se mais difícil. A opção encontrada foi a conexão destes esgotos às redes pluviais existentes. Esta prática estendeu-se com a ampliação dos sistemas de galerias pluviais. Os esgotos combinados eram conduzidos, tipicamente aos cursos d'água mais próximos.

A etapa seguinte foi a construção de interceptores de modo a impedir o descarte de inúmeras saídas de esgotos combinados nos mananciais de água. Com o crescimento das cargas de despejos líquidos, tornou-se necessária a construção de estações de tratamento dos esgotos conduzidos pelos interceptores. Estas ETE não poderiam ser dimensionadas para tratar todos os esgotos escoados pelo interceptor devido aos custos associados, inviáveis mesmo para as sociedades mais ricas. Desta maneira, as ETE são dimensionadas para tratarem as vazões de pico de esgotos sanitários e a porção inicial do escoamento pluvial.

Os mesmos autores ainda afirmam que a prática brasileira é a separação de redes de esgoto doméstico e pluvial. Entretanto, sabe-se que mesmo em locais com ambas as redes implantadas, o número de economias que interligam seus efluentes sanitários à rede pluvial é muito grande, gerando um problema a ser gerenciado pelas companhias de saneamento.

### 3.3 POLUIÇÃO AMBIENTAL

O grande problema das ligações de esgotos em redes pluviais é que, na maioria dos casos, a destinação final destes resíduos são os recursos hídricos, ou seja, rios, arroios e, até mesmo, os oceanos. Assim, passa a existir um problema ambiental. Dentre os principais danos causados por esta emissão de efluente, pode-se destacar (GEHLING; BENETTI, 2005, p. 8-9):

- a) deposição de lodo no ponto onde o esgoto é jogado no curso d'água, podendo afetar a flora e a fauna locais;
- b) redução do oxigênio disponível na água, devido ao aumento da presença de matéria orgânica;
- c) aumento dos níveis de nitrogênio e fósforo dos mananciais, propiciando a ocorrência de eutrofização local e, conseqüentemente, danos ao abastecimento local e aos organismos aquáticos;
- d) contaminação por patogenias;
- e) contaminação por micro poluentes como derivados do petróleo, provenientes do uso de veículos movidos a combustão em vias públicas, e metais pesados, que acabam sendo despejados no esgoto;
- f) aumento da turbidez e alteração da cor do curso d'água;
- g) transporte de materiais grosseiros e lixo, trazidos através da lavagem das vias públicas em grandes enxurradas;

- h) contaminação de águas subterrâneas devido a defeitos na rede coletora. Estes podem ocorrer por falha executiva, esgotamento do tempo de vida útil ou falta de manutenção adequada.

### 3.4 SANEAMENTO E SAÚDE PÚBLICA

No âmbito da saúde, o tratamento de esgotos é visto como uma forma de reduzir despesas médicas e hospitalares através da prevenção de doenças. A água é um vetor que pode carregar consigo um conjunto de doenças e, devido à nossa estreita relação com ela, por motivos de sobrevivência e lazer, acaba se tornando um sério perigo quando poluída em demasia.

Benetti (2009, p. 4) cita em seu texto as más condições de higiene às quais as populações eram submetidas nas grandes cidades durante o século XVIII. Devido à não existência de saneamento básico, as metrópoles eram locais terrivelmente sujos e insalubres, sujeitos a frequentes epidemias e doenças contagiosas que, mesmo muito simples, à época eram letais. O mesmo autor afirma que “Uma luz sobre o problema foi trazida pelo médico inglês John Snow. Em 1854, durante uma epidemia de cólera em Londres, Snow provou que pessoas adquiriram a doença após consumirem água contaminada de um poço público [...]”. A implantação da chamada Revolução Sanitária propiciou a introdução de sistemas de água potável e, por consequência, sistemas de coleta de esgotos, pois a água passou a ser o meio higienizador da população e, por isso, acabou gerando um produto poluído para o qual era necessária uma destinação.

Ainda segundo Benetti (2009, p. 4):

Em países mais pobres, a falta de saneamento é a realidade de centenas de milhões de pessoas, muitas das quais vivem em condições sanitárias piores do que aquelas experimentadas por nossos antepassados de 2 mil anos. Essas pessoas estão sujeitas a doenças como cólera, hepatite A, febre tifoide e esquistossomose, sem falar em diarreias que vitimam 1,5 milhão de crianças por ano no mundo.

[...]. Investimentos em ciência e tecnologia e adoção de políticas públicas que priorizem o saneamento são meios de garantir que as cidades não serão centros irradiadores de epidemias.

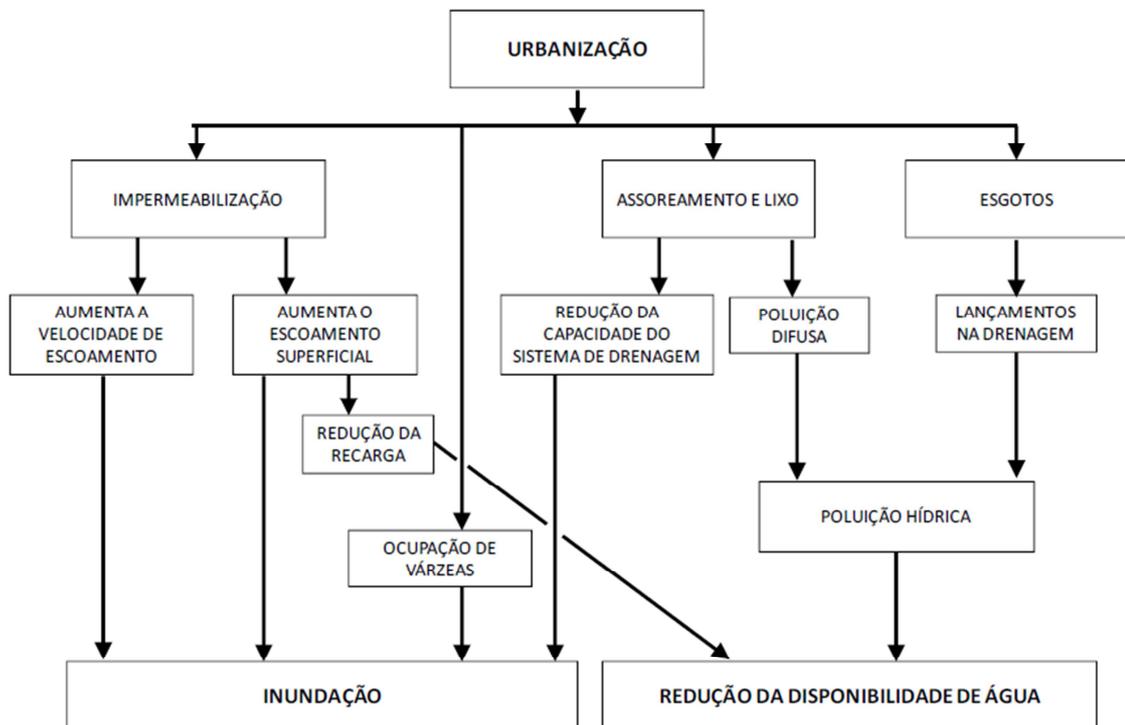
## 4 SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Para que se possa efetuar corretamente a coleta e o tratamento dos esgotos domésticos, faz-se necessária a adoção de um sistema de esgoto sanitário que compreenda estruturas adequadamente dimensionadas para realizar tais ações. Deste modo, nos itens a seguir, são apresentadas as características de sistemas de esgotamento sanitário, observando seu processo completo, desde os elementos que geram sua necessidade e também a forma como eles são elaborados para suprir as necessidades da população.

### 4.1 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO

Com o crescente aumento das áreas urbanas de modo desregrado nos municípios em geral, começam a ocorrer grandes problemas. Na figura 2, apresentada originalmente por Orsini (2011, p. 3), os danos gerados pela urbanização são explicitados de forma esquemática.

Figura 2 – Apresentação esquemática dos efeitos danosos gerados pela urbanização



Embora haja uma pequena correlação entre todos os fatores, pode-se destacar dois grandes grupos. No primeiro deles, encontra-se a impermeabilização do solo, através de sua ocupação pela população, e a ocupação de locais de várzea, que deveriam se destinar à passagem dos rios. Este grupo tem grande influência, principalmente na geração de inundações nas cidades. Segundo Righeto et al. (2009, p. 150):

A urbanização implica necessariamente em alterações significativas no meio ambiente, de forma geral, e em processos hidrológicos, em particular, resultantes de intervenções diretas no uso e na ocupação do solo e nos cursos d'água. São bem conhecidos e relatados na literatura especializada os impactos sobre o regime hidrológico e, particularmente, sobre a dinâmica de cheias, como resultado da impermeabilização de superfícies, da canalização de cursos d'água e do significativo aumento da densidade de drenagem decorrente da construção de vias e de redes de drenagem. A redução da recarga de reservas subterrâneas em bacias muito urbanizadas tem levado a redução de vazões em período de seca. São também relatados impactos climáticos com aumentos de temperatura associados à formação de ilhas de calor, aumentos nas precipitações em termos de volume e intensidade, notadamente no caso de chuvas convectivas.

O segundo grupo que deve ser destacado é aquele dos que reduzem a disponibilidade da água através da contaminação dos recursos hídricos. A condução de partículas grosseiras para dentro dos sistemas de drenagem é um problema comum nas grandes cidades. Grande parte deste problema também pode ser explicado por falhas no manejo de resíduos sólidos, particularmente, o lixo. O outro grande poluidor das águas são os esgotos, que podem ser provenientes de áreas domésticas ou resíduos de indústrias. Estes últimos, muitas vezes, são os mais perigosos. Uma breve descrição do problema, definida no trabalho de Righeto et al. (2009, p. 150-151) afirmam que:

As áreas urbanas constituem, igualmente, uma fonte significativa de poluição de corpos d'água urbanos e, por conseguinte, de cursos d'água localizados a jusante das áreas urbanas, podendo ter características crônica ou aguda (efeitos de choque). Nas cidades brasileiras, são comuns as carências em infraestrutura de esgotamento sanitário e de tratamento de esgoto. Muitas vezes, as redes de esgotamento sanitário existem, porém são insuficientes ou inexistentes os interceptores e as estações de tratamento de esgoto (ETE). Com isso, o esgoto coletado pelas redes e lançado diretamente nos corpos d'água, em inúmeros pontos de lançamento, constituindo por tais características um tipo de poluição difusa de natureza crônica.

Na atualidade, os impactos ambientais causados por esse tipo de poluição são bem conhecidos: poluição visual por corpos flutuantes, poluição bacteriana de praias e de lagos urbanos, efeitos crônicos e acumulativos, como a eutrofização dos meios receptores ou sua contaminação por metais pesados, efeitos de choque de poluição, como os resultantes de depleção de oxigênio na água. Tais impactos repercutem sobre os usos da água, impondo restrições ou aumentando custos ao abastecimento

de água potável, a piscicultura, ao turismo e ao lazer, a diversidade da vida nos corpos d'água receptores, entre outros.

## 4.2 COMPONENTES DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Os sistemas de esgoto sanitário (SES) devem ser projetados para atender às seguintes necessidades:

- a) coleta adequada das águas residuárias;
- b) transporte dos efluentes de modo seguro e sem afetar recursos hídricos;
- c) tratamento dos efluentes de acordo com as especificações da lei;
- d) disposição final das águas residuárias.

Deste modo, pode-se destacar os principais objetivos do esgotamento sanitário como sendo a conservação dos recursos hídricos, a redução da poluição e da contaminação, o afastamento rápido e adequado dos esgotos da população e a melhoria da saúde pública, reduzindo a incidência de doenças. Para o funcionamento apropriado de um sistema de esgotos sanitários pode-se dispor de diversos tipos de estruturas, os quais serão apresentados a seguir.

### 4.2.1 Ramais Prediais

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 115) indicam que os ramais prediais são constituídos por trechos geralmente executados dentro de propriedades particulares, cuja principal funcionalidade é introduzir na rede pública de coleta de esgotos a contribuição unitária de cada economia. Cada economia pode ser ligada diretamente à rede ou, então, pode-se fazer a ligação de um conjunto de moradias para só então conectá-las ao sistema. Geralmente são precedidas por uma caixa de passagem.

### 4.2.2 Redes Coletoras

As redes coletoras são canalizações que realizam a etapa de recebimento dos efluentes provenientes dos ramais prediais e os conduzem até a próxima etapa do sistema. As tubulações podem ser consideradas principais ou secundárias. Os coletores secundários são os responsáveis por receber diretamente os esgotos dos ramais prediais, enquanto os coletores principais, que geralmente possuem maiores diâmetros, recebem a carga proveniente dos

coletores secundários e as encaminham para um interceptor ou emissário. Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 114) apresentam os diâmetros nominais usuais, em milímetros, em função do material das tubulações, do seguinte modo:

- a) PVC: 100, 150, 200, 300 e 400;
- b) concreto: 500, 600, 700, 800, 1000, 1200 e 1500;
- c) ferro fundido: 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200 e 1500.

### **4.2.3 Poços de Visita**

Os poços de visita (PV), segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 105) são pontos nos quais se pode vistoriar a rede. Estes dispositivos em geral possuem uma tampa que fica na via pública e por onde se tem acesso às tubulações. São utilizados em inflexões da rede, visto que não se pode fazer curva com os tubos e evita-se a utilização de curvas e afins para reduzir as perdas singulares no sistema. Do mesmo modo, sempre que há uma mudança na declividade do trecho, é colocado um PV. Como a ligação entre tubos de diferentes materiais é um ponto bastante sensível do sistema, adota-se a prática de utilizar também estes poços de visita nestas situações, bem como em locais nos quais há variação do diâmetro da rede.

### **4.2.4 Tubos de Inspeção e Limpeza**

Como a execução de poços de visita apresenta um custo relativamente elevado, pratica-se a adoção de tubos de inspeção e limpeza (TIL), que são considerados pela NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986, p. 2) como sendo dispositivos não visitáveis que, entretanto, permitem que se realize a inspeção externa da funcionalidade dos trechos e também uma inserção de equipamentos para limpeza em casos onde ocorra obstrução da rede.

### **4.2.5 Terminais de Limpeza**

Os terminais de limpeza (TL) são colocados, segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 106), nas cabeceiras ou inícios das redes. Como nestes pontos ainda não há nenhum tipo de contribuição, não se faz necessária a adoção de um poço de visita, que é um elemento mais oneroso. Estes dispositivos permitem apenas a introdução de equipamentos para a limpeza da

rede. Basicamente, são formados por uma curva de noventa graus, um prolongamento da tubulação até a superfície e uma tampa metálica que, geralmente, se situa na via pública.

#### **4.2.6 Caixas de Passagem**

As caixas de passagem (CP) possuem funcionalidades semelhantes às dos poços de visita, entretanto, situam-se em uma câmara subterrânea e sem acesso. Segundo Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 110), sua utilização não é mais usual e seu uso era restrito a peculiaridades construtivas locais, nas quais não havia a possibilidade da adoção de um PV convencional ou, então, por simples economia por parte dos executores do projeto.

#### **4.2.7 Interceptores**

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 110) definem que interceptores são tubulações geralmente de grandes diâmetros, que se situam junto a recursos hídricos, tais como rios e sangas. Sua principal função é agregar contribuições, evitando que elas sejam despejadas diretamente em corpos hídricos.

#### **4.2.8 Emissários**

Os emissários assemelham-se aos interceptores, entretanto, não recebem contribuições ao longo de seu trajeto. Existe apenas uma vazão de entrada, que deve ser a mesma da saída. Em geral, conduzem os esgotos às ETE (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986, p. 1).

#### **4.2.9 Estações de Bombeamento de Esgoto**

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 267) explicam que “Todas as vezes que por algum motivo não seja possível, sob o ponto de vista técnico e econômico, o escoamento de esgotos pela ação da gravidade, é necessário o uso das instalações que transmitam ao líquido energia suficiente para garantir tal escoamento.”. Estas estruturas às quais eles se referem são as estações de bombeamento de esgoto (EBE) ou elevatórias, como são normalmente

conhecidas. São obras civis que recebem os esgotos e possuem bombas que permitem a transposição de aclives para que, em seguida, o processo siga por gravidade.

#### **4.2.10 Estações de Tratamento de Esgoto**

Estações de tratamento de esgoto são conjuntos de instalações que variam de acordo com o tipo de tratamento utilizado no local, cujo objetivo principal é a remoção das cargas poluidoras dos efluentes domésticos e industriais, antes do seu retorno à natureza.

### **4.3 PROJETO**

Para que se desenvolva o projeto de um sistema de tratamento de esgotos são necessários estudos sobre as condições de contorno do local em questão. A partir daí, define-se os parâmetros básicos iniciais, a partir dos quais se desenvolve um estudo de concepção seguido da elaboração de um projeto básico e, posteriormente, um projeto executivo. A seguir, o detalhamento de cada uma das etapas de projeto.

#### **4.3.1 Estudo de Concepção**

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 13) indicam que a concepção do projeto exige a análise de algumas atividades, dentre as quais as mais importantes são:

- a) análise da população do município, bem como sua tendência de crescimento e a setorização de áreas, conforme sua expectativa de crescimento;
- b) estabelecimento de vazões, de acordo com critérios pré-definidos;
- c) análise de locais geradores de cargas poluidoras concentradas, tais como hospitais e indústrias;
- d) determinação da densidade demográfica específica de cada setor, de modo a estabelecer vazões baseadas na ocupação da área;
- e) divisão da cidade em bacias e sub-bacias de contribuição para a rede;
- f) traçado e pré-dimensionamento dos coletores tronco;
- g) quantificação preliminar dos serviços que serão executados.

### 4.3.2 Projeto Básico

Para a elaboração do projeto básico, a Fundação Nacional da Saúde (BRASIL, 2002, p. 7) indica que se deve analisar os parâmetros necessários para a caracterização da obra, baseando-se em estudos técnicos preliminares. Deve-se assegurar também uma primeira análise de viabilidade do empreendimento. No conjunto do acervo de documentos do projeto básico devem constar:

- a) memoriais descritivos referentes à implantação de todas as fases do empreendimento. Deve conter uma descrição do município e suas características, as condições sanitárias atuais, o método de concepção da obra, a projeção da população e informações adicionais que possam facilitar a aprovação do projeto;
- b) os memoriais de cálculo, as plantas e projetos das obras especiais;
- c) licenciamentos ambientais;
- d) Anotação de Responsabilidade Técnica do projeto;
- e) a planilha orçamentária da obra e um cronograma físico-financeiro.

### 4.3.3 Projeto Executivo

A Fundação Nacional da Saúde (BRASIL, 2002, p. 7-8) afirma que, na fase do projeto executivo, são relacionados todos os materiais técnicos necessários para execução da obra, de acordo com as leis vigentes no País. Entre eles pode-se destacar:

- a) as normas técnicas que definem os parâmetros de dimensionamento das unidades do sistema;
- b) anotação de responsabilidade técnica emitida pelo Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura (CREA);
- c) comprovações de posse de área quando as intervenções ocorrerem fora das vias públicas;
- d) licenças ambientais para implantação do projeto.

## 4.4 SISTEMAS DE COLETA DE ESGOTOS

Tsutiya e Alem Sobrinho (2000, p. 2-3) explicam que os sistemas de esgotos urbanos podem ser de três tipos:

- a) de esgotamento unitário, ou combinado, no qual efluentes domésticos, industriais e águas pluviais, provenientes de infiltração ou então do escoamento superficial captado pelos dispositivos urbanos, são transportados em uma tubulação única;
- b) separador absoluto, no qual ocorre a veiculação distinta de redes de esgoto e redes pluviais. As águas residuárias (domésticas e industriais) e, as de infiltração (água do subsolo que penetra através das tubulações e órgãos acessórios) são transportadas em uma canalização independente, denominada sistema de esgoto sanitário. Já as águas pluviais também possuem seu sistema independente, denominado sistema de drenagem pluvial;
- c) de esgotamento separador parcial é semelhante ao separador absoluto, entretanto ele recebe uma pequena parte dos esgotos pluviais. Essa parcela dos esgotos pluviais que é agregada à rede é proveniente única e exclusivamente da drenagem dos telhados e terrenos das economias contribuintes, deixando de lado a drenagem das vias públicas.

Sobre a prática adotada no Brasil, Benetti e Gehling (2004, p. 4) afirmam que é usual o sistema separador absoluto de esgotos, pois este era o único sistema aceito pelos órgãos ambientais que licenciam as obras de saneamento. Ainda segundo eles, a região com maior percentual de distritos com coleta de esgotos é a Sudeste, entretanto, mesmo nesta Região, apenas 25% dos distritos possuem tratamento de esgotos. Contudo, sabe-se que raramente alguma cidade possui somente o sistema separador. É prática comum nas grandes cidades a utilização de redes unitárias para transporte de esgotos domésticos. O grande agravante disso tudo ainda está em locais nos quais existe rede separadora e é comum a conexão de esgotos sanitários na rede pluvial, demonstrando um grande desconhecimento do sistema por parte da população.

Algumas das vantagens do sistema separador absoluto indicadas por Gehling e Benetti (2005, p. 2) são:

A separação entre as redes de esgotos sanitários e pluviais permite uma maior flexibilidade de execução e operação dos sistemas. Por exemplo, o sistema combinado requer a construção de redes em todas as ruas, enquanto que, no sistema separador, somente a rede coletora de esgotos sanitários deve ser implantada em todas as ruas (exceto no sistema tipo condominial). Isto traduz-se em economia nos custos uma vez que as dimensões das canalizações que compõe a rede de esgotos sanitários possuem diâmetros inferiores aos das galerias de águas pluviais além de serem constituídas de materiais mais baratos como o PVC e a manilha cerâmica. A separação permite, também, que as águas pluviais sejam encaminhadas a córregos próximos, o que não acontece no sistema combinado, em que os esgotos são transportados a distâncias consideráveis até chegarem à estação de tratamento de esgotos. Outro aspecto desfavorável ao sistema combinado é o problema de mau cheiro que decorre da sedimentação e putrefação de material orgânico ao longo da rede em períodos em que há ausência de chuvas. Favorece, ainda, ao

desenvolvimento de vetores indesejáveis tais como ratos e baratas que ganham acesso as vias públicas.

Ainda sobre o sistema separador absoluto, Gehling e Benetti (2005, p. 2) explicam a diferença econômica na opção por cada um destes sistemas:

Há economia, também, nos custos de construção e operação de estações de tratamento de esgotos em sistemas separadores. Isto deve-se ao fato da estação ser dimensionada para as vazões correspondentes unicamente aos esgotos sanitários (e águas de infiltração da rede) [...]. Isto reflete-se no aumento das dimensões da ETE. No aspecto operacional, a variabilidade na composição de esgotos afluentes à ETE e a diluição excessiva de esgotos sanitários com águas pluviais são prejudiciais a operação eficiente do tratamento.

Contudo, neste mesmo trabalho, Gehling e Benetti (2005, p. 2) fazem algumas ressalvas, salientando a realidade que ocorre na grande maioria dos municípios brasileiros, nos quais adota-se o sistema separador como padrão, contudo apenas a rede de pluvial é executada inicialmente, para aliviar os alagamentos gerados por chuvas intensas:

Em muitas comunidades existe implantada uma rede de galerias pluviais, sem a existência simultânea de rede de esgotos sanitários. Nestes casos, é prática comum exigir-se a instalação de fossas sépticas nos prédios, com subsequente encaminhamento dos efluentes para a rede pluvial. É bastante usual que não haja manutenção e limpeza das fossas; conseqüentemente, elas tornam-se inoperantes com o passar do tempo. A consequência deste processo é o descarte de esgotos praticamente *in natura* nas galerias de águas pluviais.

Há também um complicador que deve ser estudado antes da implantação de um sistema do tipo separador absoluto, que é o efeito *first flush*. Segundo Gehling e Benetti (2005, p. 6):

[...] o efeito da “primeira lavagem”, ou *first flush*. Trata-se do aumento que ocorre na concentração de sólidos suspensos e outros poluentes no esgoto combinado durante a primeira fase da chuva. O fenômeno deve-se a lavagem das superfícies devido ao escoamento das águas das chuvas, carreando material depositado.

Sabe-se que as cargas poluidoras que são carregadas pelas águas pluviais nesses primeiros momentos de chuva podem ser até mesmo mais concentradas do que as do próprio esgoto sanitário, seja ele doméstico ou industrial. Por isso, deve-se definir algum método para evitar que essa água extremamente poluída seja despejada diretamente nos rios e córregos.

Analisando uma situação ideal, tudo leva a crer que o sistema separador absoluto é mais adequado. Entretanto, Orsini (2011, p. 8), apresenta um panorama da realidade encontrada

pelos gestores de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, evidenciando as diferenças entre cidades ideais e reais:

Na cidade ideal a urbanização é implantada a partir de um planejamento prévio bem elaborado. A infraestrutura de saneamento é planejada em conjunto com a urbanização e com o sistema de águas pluviais. As vias públicas são planejadas para dar espaço também à infraestrutura imprescindível ao bem estar da população. Na cidade ideal os edifícios são todos construídos de acordo com o Código de Obras. Águas pluviais e esgotos transitam em dutos separados; não existem soleiras baixas, de modo que todas as águas servidas são lançadas na rede pública de esgotos, seguindo daí para o devido tratamento. Os sistemas de esgotos e de drenagem são planejados, projetados e construídos de modo integrado, com a função de proteger a saúde da população e também de preservar rios e córregos da poluição. Na cidade ideal não há invasões, ocupação de várzeas nem construções clandestinas. Também não existe a poluição difusa. As águas das chuvas são limpas e podem ser lançadas nos corpos d'água sem o risco de poluí-los. Na cidade ideal o sistema de esgotos sanitários é do tipo separador absoluto e funciona perfeitamente bem.

A cidade real não é planejada. Cresce praticamente sem controle. Encostas e várzeas são ocupadas indistintamente. As vias públicas se expandem sem critério urbanístico ou sanitário. Fundos de vale são aterrados e córregos são canalizados cedendo espaço para novas avenidas. As moradias, principalmente na periferia, são feitas pelo sistema de autoconstrução. Águas pluviais e esgotos são misturados na sua origem. Existe grande quantidade de soleiras baixas. Na cidade real a infraestrutura já consolidada, especialmente no centro, não recebeu a indispensável manutenção por muitos anos. Nesta cidade as redes de drenagem e de esgotos são construídas depois da urbanização. Embora projetadas e implantadas separadamente, funcionam como um sistema único. Mesmo sem a intenção dos planejadores, na cidade real as duas redes são interligadas: há esgotos nas galerias de águas pluviais e água de chuva nas redes de esgotos. Na cidade real existem muitos órgãos diferentes responsáveis pelo mesmo problema: um cuida do esgoto, outro da drenagem; um trata dos rios e outro do planejamento urbanístico; um órgão é responsável pelo manejo do lixo e outro pela limpeza dos rios. Problemas integrados são tratados de forma rigorosamente desintegrada. Na cidade real o sistema de esgotos sanitários é do tipo separador absoluto e não funciona.

Desta forma, pode-se também realizar esta análise comparativa entre situações ideais e a realidade apresentando fatos. Orsini (2011, p. 9) apresenta exemplos europeus e explica que:

Foi reconhecendo as diferenças entre a cidade ideal e a cidade real que algumas importantes cidades do mundo conseguiram avançar muito na recuperação da qualidade de seus rios. Dois exemplos recentíssimos: Milão, na Itália, e Seul na Coreia do Sul.

Até o ano 2002, a cidade de Milão não tratava sequer um litro de esgoto. Despejava na bacia do rio Pó mais de 120 t de DBOs por dia. Em apenas três anos, 100% dos esgotos sanitários e a maior parte da poluição difusa passou a ser coletada e tratada dentro dos rigorosos padrões ambientais da União Europeia.

Dois fatores foram decisivos para o sucesso dessa empreitada: a multa de € 150.000 diários imposta sobre o município e a adoção de um sistema unitário de coleta de esgotos e águas pluviais.

Os primeiros projetos do sistema de esgotos de Milão previam a implantação de um sistema separador absoluto. Dadas as características urbanísticas da cidade e a urgência de se livrar da multa, esta solução mostrou-se inviável. Os engenheiros

optaram então por trabalhar na consolidação e melhoria do sistema unitário existente. Esta decisão se mostrou acertada. Em pouco tempo todo o esgoto da cidade e as águas das primeiras chuvas passaram a ser tratados antes da disposição no meio ambiente.

Até 2003, o centro da cidade de Seul, capital da Coreia do Sul, era um local degradado. O rio Cheong, principal curso de água que atravessa o centro da cidade, havia sido canalizado. Pistas expressas corriam sobre uma galeria fechada que funcionava como conduto de águas pluviais e esgotos. Numa ousada operação urbanística, a prefeitura decide trazer de volta o rio Cheong ao convívio da população. Viadutos são demolidos, o sistema de transporte coletivo é remodelado e o canal é reaberto. O leito do novo canal e a região do entorno recebem um tratamento paisagístico especial. Apenas 27 meses depois de iniciadas as obras, o empreendimento é inaugurado pelo prefeito de Seul, depois presidente da Coreia. Um dos maiores desafios enfrentados pelos engenheiros foi recuperar a qualidade das águas de um rio que drena uma bacia de urbanização caótica, no prazo estipulado e com um orçamento restrito. Mais uma vez considerou-se a “cidade real”. Para se conseguir despoluir o rio Cheong (que passou de uma média 250 mg/L para 1,5 mg/L de DBOs) optou-se pelo sistema unitário, nos mesmos moldes do sistema de Milão e das principais cidades europeias.

O mesmo apresenta ainda casos brasileiros, citando que:

No Brasil há também exemplos recentes: o programa Baía Azul em Salvador e o da Região dos Lagos, RJ. Em ambos os casos a expansão e a recuperação do sistema separador era inviável diante das metas de despoluição que se pretendia alcançar. Mesmo não utilizando a tecnologia mais avançada, apenas tratando as chamadas vazões de tempo seco, os resultados já são notáveis.

Portanto, deve-se considerar que, para algumas situações, os sistemas unitários podem ser a única maneira de viabilizar o tratamento de esgotos sanitários. Sua implantação depende de uma série de alterações na etapa de projeto que serão abordadas nos próximos capítulos.

Desta forma, deve-se analisar corretamente qual a melhor opção para cada localidade, tendo em vista que deve-se analisar detalhadamente cada uma das possibilidades. Segundo Orsini (2011, p. 3), “O planejamento para a construção de uma rede nova, ampliação ou implantação de melhorias em uma rede existente, deve partir da definição da configuração mais adequada, buscando-se a melhor eficiência, os menores custos de implantação e operação.”.

Nesta mesma linha de pensamento, segundo Benetti et al. (2005, p. 2):

Em muitas cidades, ambos os sistemas coexistem, com áreas servidas por rede separadora e outras áreas dispondo somente de galerias pluviais. Em todos os casos, ocorrem interferências entre os dois sistemas. Estas interferências causam impacto tanto no manejo dos esgotos sanitários quanto das águas pluviais. Este assunto vem adquirindo importância em face da premência no tratamento dos esgotos das cidades para diminuição da poluição dos mananciais que servem como fonte de abastecimento de água, recreação e preservação dos ecossistemas aquáticos.

A grande verdade é que não há um sistema que possa ser considerado o melhor para todos os casos. A questão deve analisar todo o contexto do problema e avaliar quais as configurações mais adequadas para a solução do mesmo. Há diversos fatores que influenciam, sendo que Orsini (2011, p. 3) apresenta os principais pontos a serem considerados:

- a) tipo e localização dos corpos receptores;
- b) nível de tratamento necessário, em função de padrões de emissão e classificação de cursos hídricos;
- c) rede existente, características e possibilidade de aproveitamento;
- d) padrões de urbanização;
- e) traçado do sistema viário;
- f) características do relevo;
- g) interferências com outros sistemas.

## 5 SISTEMAS COMBINADOS OU UNITÁRIOS

A gestão de sistemas de saneamento tem focado seus esforços na despoluição de recursos hídricos naturais. Contudo, nota-se que a eficiência destes tratamentos vem se apresentando muito aquém das expectativas, apesar dos grandes investimentos realizados pelo governo nesta área. Orsini (2011, p. 2) explica este problema apresentando algumas das dificuldades encontradas na gestão de sistemas de tratamento de esgoto:

Nos primeiros sistemas de saneamento das cidades brasileiras foi dada prioridade aos chamados sistemas de afastamento, partindo-se do princípio de que é preciso primeiro levar as águas contaminadas para longe da população. O destino dessas águas era o sistema de drenagem e, por consequência, córregos, rios e lagos que passaram a sofrer os impactos negativos desses lançamentos. Com a implantação de coletores tronco e interceptores ao longo desses corpos hídricos, e com a construção das estações de tratamento, esperava-se então iniciar a recuperação da qualidade das águas. Não foi o que aconteceu. Altas cargas de esgotos continuam a atingir os corpos de água, transportadas principalmente pelas galerias de águas pluviais. Hoje se constata que a eficiência dos sistemas coletores e de afastamento de esgotos está aquém do desejável e que a carga poluidora lançada pelas galerias de águas pluviais (seja proveniente de fontes difusas ou das ligações cruzadas com a rede de esgotos) é maior do que se imaginava. Além disso, em dias de chuvas, há um considerável aporte de águas pluviais nas estações de tratamento, levadas pela rede de esgotos. A operação das estações, que não são preparadas para essa situação, fica prejudicada.

Percebe-se que o problema é complexo, visto que os sistemas (pluvial e sanitário) possuem interconexões gerando problemas de poluição difusa. Desta forma, pode-se perceber que nos períodos de seca os esgotos coletados acabam nos cursos d'água, através de canalizações e galerias pluviais. Por outro lado, nos períodos de chuva, um volume não esperado de águas pluviais é inserido no sistema e acaba em ETE não dimensionadas para tal, seja pela não capacidade de absorção do volume de água, seja pela redução da eficiência do sistema devido à diluição da carga poluidora.

Nos itens a seguir, será apresentado o sistema unitário como forma de reduzir os problemas destacados acima e também de facilitar a implantação do SES em um município, através da demonstração de exemplos positivos já observados e da descrição de suas características.

## 5.1 INÍCIO DA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS UNITÁRIOS

Segundo Benetti et al. (2005, p. 4), inicialmente os esgotos gerados nas residências eram conduzidos diretamente aos cursos d'água mais próximos. Com o aumento da população e o crescimento das cidades, naturalmente ocorreu a deterioração dos corpos d'água que recebiam estas cargas poluidoras. Para tentar evitar a presença desta poluição dentro das grandes cidades, optou-se por implantar interceptores, responsáveis por captar todos os pontos de despejo. Esta solução se mostrou muito interessante, por afastar os esgotos do contato direto com a população e trazendo benefícios à saúde pública. A única ressalva é que, em geral, não foram implantadas ETE ao final dos interceptores, ocorrendo o despejo de grandes quantidades de esgoto em locais concentrados, de modo que o próprio curso d'água não era capaz de promover a depuração dos poluentes nele lançados.

## 5.2 TIPOS DE SISTEMA UNITÁRIO

Dentro do sistema unitário existem variações que podem ser projetadas. Suas variações alteram a qualidade do efluente que é despejado no corpo d'água. As opções para realizar o manejo dos esgotos em redes unitárias são:

- a) não realizar tratamento, que é uma opção que não deve ser adotada, pois, causa grandes prejuízos ambientais;
- b) tratar a vazão de esgotos sanitários e uma parcela inicial do *first flush*;
- c) tratar total ou parcialmente os esgotos combinados.

Nos capítulos a seguir serão detalhadas as duas possibilidades de manejo dos esgotos que incluem algum tratamento para a água coletada, apresentando as peculiaridades de cada um deles.

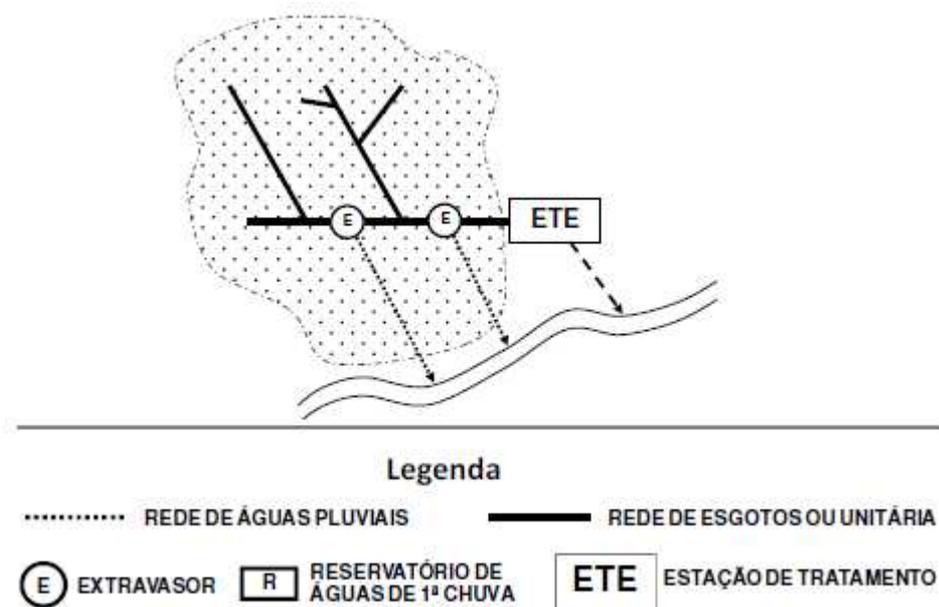
### 5.2.1 Sistema unitário com extravasor

Orsini (2011, p. 4-5) define o sistema unitário com extravasor como uma opção na qual:

[...] esgotos e águas pluviais são coletados e transportados pelos mesmos condutos. Extravasares posicionados em pontos estratégicos permite o alívio da rede coletora em ocasiões de chuvas intensas. O dimensionamento desses dispositivos deve ser tal que, a extravasão somente ocorra quando houver uma diluição dos efluentes compatível com a capacidade de depuração do corpo hídrico.

Este sistema leva ao dimensionamento de tubulações de maior diâmetro no interceptor, visto que elas devem ser capazes de transportar também as águas da chuva para os primeiros minutos de precipitação, para que o efeito *first flush* não prejudique o corpo receptor. A não consideração deste fato no dimensionamento das redes de coleta fará com que as águas de primeira chuva sejam despejadas sem tratamento. Isto acarretará graves problemas ambientais, se for considerado o fato de que a carga poluidora das águas do *first flush*, em muitos casos, é ainda maior que a do próprio esgoto doméstico ou industrial. A figura 3 representa esquematicamente o sistema apresentado.

Figura 3 – Sistema unitário com extravasor



(fonte: ORSINI, 2011, p. 4)

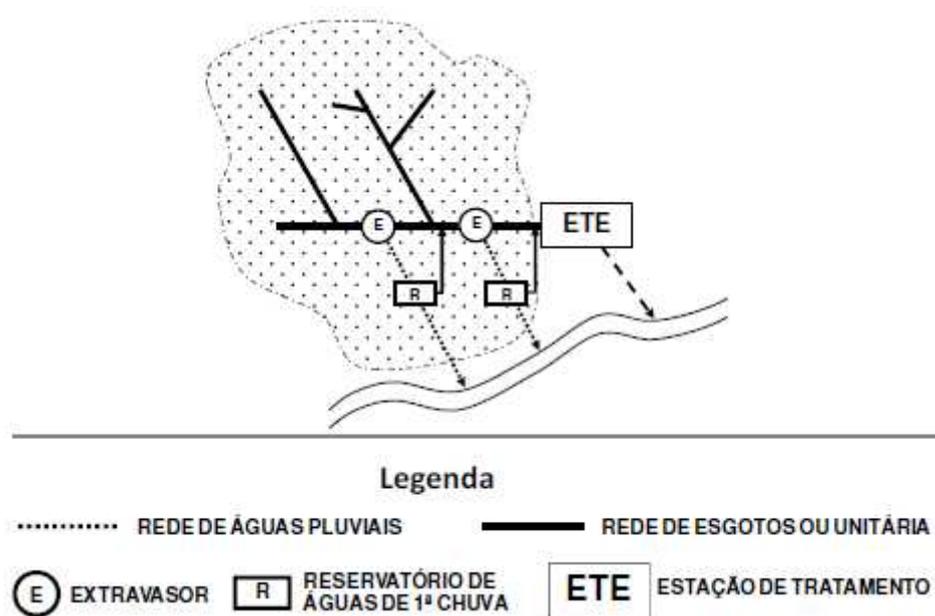
### 5.2.2 Sistema unitário com extravasor e reservatório

O funcionamento deste sistema é semelhante ao anterior, com uma única rede absorvendo tanto águas pluviais quanto esgotos sanitários. O diferencial está na utilização de reservatórios após os extravasores, para armazenar a água da chuva, principalmente a parcela que pertence ao *first flush*. A utilização do reservatório permite a redução dos diâmetros da rede, pois uma menor vazão é conduzida durante eventos chuvosos. Benetti e Gehling (2004, p. 16) citam em seu trabalho alguns dos motivos pelos quais se utilizam reservatórios neste tipo de sistema:

Uma parcela da vazão de excesso da chuva é armazenada temporariamente em uma bacia; quando o escoamento superficial cessar, o volume armazenado é enviado à estação de tratamento de esgotos, de acordo com a capacidade desta. O armazenamento por um determinado período de detenção permite a remoção parcial de sólidos e material flutuante na própria bacia de detenção. Este método tem a vantagem de permitir o tratamento dos esgotos da ‘primeira lavagem’ (*first flush*) do escoamento [...].

Conforme referido acima, este sistema possibilita o tratamento quase integral de esgotos sanitários e águas da chuva. Ocorrem casos nos quais mesmo o volume do reservatório é superado e, então, é realizado o despejo do excesso de chuva diretamente no curso d’água. Entretanto, diversos estudos comprovam que a carga poluente diluída em esgotos combinados, após determinado tempo de chuva, se torna pouco importante, fazendo com que esse despejo não cause grandes prejuízos à natureza. A figura 4 representa esquematicamente o sistema.

Figura 4 – Sistema unitário com extravasor e reservatório



(fonte: ORSINI, 2011, p. 4)

### 5.3 A PRÁTICA EUROPEIA

Segundo Orsini (2011, p. 5), a Europa vem comprovando que um sistema unitário dotado de extravasores e reservatórios de primeira chuva oferece uma proteção ambiental dos cursos d’água tão eficaz quanto à demonstrada prática de sistemas separadores absolutos com

tratamento de esgotos e de água da chuva. Nota-se também que a eficiência do tratamento é superior à demonstrada em sistemas separadores, devido ao não tratamento das águas pluviais.

Este mesmo autor ainda afirma que são notáveis as vantagens de implantação e operação dos sistemas unitários, visto que os sistemas separadores trazem grandes complicações técnicas e administrativas de difícil solução. A falta de controle é um dos principais complicadores do sistema separador, que somente tem se mostrado mais eficiente em áreas de expansão urbana, onde a ocupação pode ser planejada em conjunto com a infraestrutura de saneamento. Outro fator que torna o sistema mais econômico é o fato de que apenas uma entidade fica responsável pela prestação do serviço, reduzindo drasticamente os custos operacionais. Na maioria dos países europeus não existe a possibilidade de se planejar, projetar, implantar e operar a drenagem separadamente dos esgotos. Portanto, a adoção de redes combinadas foi a forma mais adequada para atender as rigorosas diretrizes ambientais da União Europeia, que visam a restauração dos recursos hídricos até 2016, o que demonstra que este tipo de sistema pode ser adequado para que se obtenha resultados mais rápidos na despoluição de recursos hídricos.

#### 5.4 SITUAÇÃO ATUAL DAS REDES PÚBLICAS

A realidade brasileira mostra que diversas cidades possuem redes pluviais implantadas, entretanto o mesmo não se aplica para redes de coleta de esgotamento sanitário. Nestas situações, Benetti et al. (2005, p. 9) cita que:

Nestes casos, é prática comum exigir-se a instalação de fossas sépticas nos prédios, com subsequente encaminhamento dos efluentes para a rede pluvial. É bastante usual que não haja manutenção e limpeza das fossas; conseqüentemente, elas tornam-se inoperantes com o passar do tempo. A consequência deste processo é o descarte de esgotos praticamente *in natura* nas galerias de águas pluviais. Estes esgotos acabam chegando aos arroios que drenam a cidade, tornando-os contaminados com organismos patogênicos e poluentes de natureza orgânica e inorgânica. Nestes casos, a instalação de um interceptor que impeça a chegada dos esgotos combinados aos arroios certamente trará uma melhoria na qualidade da água destes. O tratamento dos esgotos combinados, ou uma parcela destes, trará ainda maiores benefícios em comparação com a situação 'sem interceptor e sem tratamento'. Muitas municipalidades podem enfrentar este dilema- os recursos financeiros são suficientes para a construção de interceptor e estação de tratamento, mas não para a rede de esgotos, que é a parcela mais cara do sistema

## 5.5 POSSIBILIDADES DE USO

Segundo Gehling e Benetti (2005, p. 11):

[...] há de se considerar a realidade de que muitas cidades possuem redes de esgoto combinados que contaminam os cursos d'água. Não havendo recursos para a construção de uma rede de esgotos separadora inteiramente nova, deve-se considerar a possibilidade de investir no tratamento dos esgotos da rede combinada. Neste caso, um interceptor coletaria a vazão de tempo seco (esgotos sanitários) e uma parcela das águas pluviais por ocasião de eventos chuvosos. Este interceptor conduziria os esgotos até a estação de tratamento, dimensionada para depurar a vazão de tempo seco e as águas de primeira lavagem da chuva. O excesso de vazão poderia ser armazenado em uma bacia de detenção aguardando o final do escoamento superficial, quando seria encaminhada para o tratamento. Por sua vez, as vazões de excesso em relação à capacidade de transporte do interceptor seriam desviadas para os corpos d'água receptores, talvez passando por um equipamento de remoção de sólidos e/ou submetidos à desinfecção.

## 5.6 TRATAMENTO DE EFLUENTES EM SISTEMAS UNITÁRIOS

De acordo com Benetti e Gehling (2004, p. 17-18), ao optar pelo tratamento de esgotos em sistemas unitários deve-se considerar as seguintes possibilidades:

- a) tratamento físico: possibilita a remoção de sólidos em suspensão e material flutuante. Os processos empregados são: gradeamento, sedimentação, flotação com ar dissolvido e filtração. [...];
- b) tratamento biológico: pouco recomendado, pois apresenta limitações devido ao custo elevado para construção e operação do tratamento, susceptibilidade a variações excessivas de cargas orgânicas e inorgânicas e requerimento excessivo de áreas;
- c) tratamento químico: pode ser empregado para desinfecção da vazão de excesso de esgotos combinados. Devido à natureza intermitente destas vazões, o produto mais viável para utilização é o cloro, normalmente na forma de hipoclorito de sódio. Este produto pode permanecer armazenado em seu estado líquido, através de tanques, alimentando sistemas com bombas dosadoras. O excesso de cloro deve ser removido através de um agente de clorinante como o bissulfeto de sódio, de modo a reduzir a produção de trihalometanos e efeitos tóxicos do cloro residual sobre organismos aquáticos. Entretanto, há restrições para o uso do cloro, sob a alegação da potencial formação de subprodutos carcinogênicos.

## 5.7 COMPONENTES DO SISTEMA UNITÁRIO

Gehling e Benetti (2005, p. 3) afirmam em seu trabalho que um adequado sistema unitário deve possuir os seguintes componentes:

- a) fontes de contribuição domésticas, industriais e área de drenagem: as contribuições de efluentes domésticos e industriais são vertidas regularmente

para a rede e constituem a vazão de tempo seco. As contribuições devido à área de drenagem ocorrem somente quando há escoamento superficial e elas caracterizam a vazão de tempo úmido da rede;

- b) sistema de coleta com rede coletora mista e interceptores: a rede de esgotos combinados é formada por canalizações projetadas para receber unicamente as águas pluviais, visto que seus volumes são muito maiores e, por isso, somente eles devem ser considerados. O interceptor coleta diversos pontos de saída da rede que seriam despejados no corpo receptor. Entretanto, ele deve possuir extravasores, para que transporte apenas uma parcela das águas de chuva;
- c) estruturas de regulação e desvio de volumes: dispositivo citado acima, que controla a vazão de esgotos da rede combinada que é transportada pelos interceptores. Estes excessos podem ser encaminhados diretamente ao curso d'água ou então dispostos em bacias de retenção para que, posteriormente, se faça o seu devido tratamento;
- d) estrutura extravasora de esgotos ao corpo d'água: responsável por encaminhar a parcela das águas da chuva que foi despejada pelo extravasor. Estas canalizações muitas vezes ficam abaixo do nível do corpo receptor, por isso, devem possuir mecanismos que permitam apenas a saída de fluxo na direção do corpo receptor;
- e) estação de tratamento de esgotos: conjunto de unidades responsáveis por tratar efetivamente as águas residuárias. Estações de tratamento de esgotos não poderiam ser dimensionadas para tratar todos os esgotos escoados pelo interceptor devido aos custos associados, inviáveis mesmo para as sociedades mais ricas. Desta forma, são adotadas somente as vazões de pico de esgotos sanitários e a porção inicial do escoamento pluvial. Nas junções da rede de esgotos combinadas com o interceptor são construídas estruturas que permitem o desvio da parcela em excesso de águas pluviais, protegendo, assim, a estação de tratamento de receber vazões para as quais não foi projetada.

## 5.8 VAZÕES EM SISTEMAS UNITÁRIOS

Benetti e Gehling (2004, p. 8) indicam que a vazão para esgotos combinados:

[...] em tempo seco é constituída apenas por esgotos domésticos originados de habitações, prédios comerciais, institucionais e recreacionais. Esgotos industriais podem, também, serem aceitos na rede, sob condições fixadas pelo operador do sistema.

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

Benetti e Gehling (2004, p. 8-9) ainda afirmam que as vazões em sistemas combinados podem ser medidas de maneira temporária ou contínua, sempre realizadas em pontos fixos e pré-determinados. Em paralelo às medições de vazões, devem ser analisadas medições de

precipitação, dados de escoamento superficial na bacia. A caracterização do escoamento em alguns pontos-chave da rede ainda permite que sejam estimadas as vazões em outros pontos, aplicando técnicas de mecânica dos fluidos e hidrologia.

Para que se tenha uma ideia da diferença de vazão entre esgotos pluviais e domésticos, pode-se exemplificar isto com um caso citado por Benetti e Gehling (2004, p. 10), admitindo-se os seguintes dados: área urbana de 100 ha, com densidade de 80 hab/ha e um consumo diário de 200 L/hab com 80% de retorno na forma de esgoto. Considerando também um evento chuvoso com tempo de retorno de dois anos e duração de trinta minutos, segundo a curva IDF de Porto Alegre. Tal exercício levaria a uma vazão de esgotos pluviais aproximadamente 600 vezes maior que a vazão de esgotos sanitários.

## 5.9 COMPOSIÇÃO DE ESGOTOS COMBINADOS

Benetti et al. (2005, p. 9) revelam que a determinação da composição de esgotos é bastante complexa e de difícil estimativa. Os principais fatores que influenciam a carga poluente são:

- a) precipitação: intensidade e duração da chuva;
- b) esgotos sanitários: contribuições (domésticas e industriais) e variações de vazões;
- c) área de drenagem: tamanho, área de concentração, tipo de uso do solo, área impermeável, características do solo e técnicas de controle de escoamento adotadas;
- d) sistema de esgotos: tamanho, declividade e forma da canalização, quantidade de água de infiltração, redução de capacidade devido à sedimentação.

Os mesmos autores ainda afirmam que, embora amplamente diluídos pelas águas pluviais, os esgotos combinados podem danificar fortemente o meio ambiente. A carga poluidora em momentos de seca é praticamente composta apenas por esgotos sanitários, ricos em nitrogênio e fósforo, e quando da ocorrência de chuvas, há um período inicial no qual a carga poluidora é ainda mais elevada devido ao efeito *first flush*. Contudo, passados alguns poucos minutos, variando de acordo com as características de cada bacia, percebe-se que há uma diluição dos poluentes e passa-se a verificar a chegada de um efluente com baixos níveis de DBO e DQO.

## 5.10 PROBLEMAS NO MANEJO DE ESGOTOS COMBINADOS

Nesta seção são demonstrados os principais problemas relacionados à ETE, quando esta encontra-se submetida a uma vazão proveniente de uma rede combinada de esgotos.

### 5.10.1 Lavagem da biomassa

Segundo Benetti et al. (2005, p. 10), a chamada lavagem da biomassa ocorre quando a concentração de DBO no afluente e no efluente são iguais, fazendo com que não haja remoção de matéria orgânica do sistema, levando ao colapso do sistema de tratamento, visto que a taxa de remoção de organismos que fazem a depuração da matéria orgânica é maior do que a taxa de acumulação de organismos. Para evitar isto deve-se adotar o tempo de detenção celular de 2 a 20 vezes maiores que o tempo de detenção celular mínimo.

### 5.10.2 Redução da taxa de remoção de DBO

Benetti et al. (2005, p. 10) afirma que a poluição difusa, gerada pelas interconexões entre esgotos pluvial e sanitário reduz a concentração de DBO e sólidos suspensos voláteis disponíveis no afluente, resultando na redução da velocidade de remoção da DBO operada pela ETE.

### 5.10.3 Carga de choque

A chamada carga de choque ocorre quando a ETE recebe afluentes com elevados índices de poluição. Conforme explicitado por Benetti et al. (2005, p. 11), estas elevadas cargas de DBO, demanda química de oxigênio, hidrocarbonetos, metais pesados e demais contaminantes tóxicos geralmente são produtos de despejos industriais, entretanto, em sistemas de esgoto combinado, isto também pode ocorrer devido ao *first flush*. Os mesmos autores ainda afirmam que estas cargas de choque, para as quais a ETE não está dimensionada ainda podem gerar turbulências excessivas no sistema, fazendo o revolvimento de lodos já sedimentados em lagoas de estabilização, liberando gases que antes estavam presos no lodo e gerando mau cheiro na região onde está implantada a ETE.

#### **5.10.4 Alteração nas características de sedimentação**

Em seu trabalho, Benetti et al. (2005, p. 11) afirmam também que, devido às diferenças entre os parâmetros considerados por projetistas e a realidade encontrada na operação da ETE, a sedimentação das partículas acaba ocorrendo de maneira diferente do esperado e, por consequência, reduz-se a eficiência do tratamento na estação. Em sistemas combinados, esse problema é ainda maior devido à variação constante na composição dos esgotos.

#### **5.10.5 Acúmulo de areia**

O acúmulo de areia ocorre principalmente nos períodos chuvosos devido ao fato da chuva carregar grandes volumes de partículas sólidas para dentro das tubulações. Segundo Benetti et al. (2005, p. 11), estas partículas acabam se depositando no interior das redes criando dificuldades à passagem do esgoto e reduzindo a vazão que chega às ETE. Também em dispositivos extravasores ocorre o acúmulo destes materiais, de modo que faz-se necessária a limpeza periódica destes pontos.

#### **5.10.6 Acúmulo de resíduos em bacias de retenção**

O acúmulo de resíduos das mais diversas origens em bacias de retenção é agravado em sistemas de esgoto combinado. O principal motivo é o fato de que as bacias que evitam que chegue à ETE volumes acima de sua capacidade, recebem além das águas pluviais, esgotos sanitários. Nestes casos, Benetti et al. (2005, p. 12) afirmam que durante o período em que a água da chuva e o esgoto sanitário permanecem resguardados ocorre a sedimentação de matéria orgânica, que após o esvaziamento do reservatório acaba por gerar mau cheiro e insatisfação dos moradores vizinhos, inviabilizando bacias de retenção abertas em praças ou parques.

#### **5.10.7 Mau cheiro em bocas de lobo**

O mau cheiro em bocas de lobo ocorre devido à presença de matéria orgânica no interior das tubulações. Períodos de poucas chuvas agravam ainda mais este problema, pois não há o carregamento das matérias orgânicas pelas águas pluviais. Segundo Benetti et al. (2005, p. 12), este problema se agrava em regiões muito planas, devido às baixas declividades

utilizadas nas redes. Os autores afirmam ainda que estes materiais depositados podem encontrar situações anaeróbias adequadas, que acabam por causar a putrefação do material e gerar gases. Estes gases, acabam por invadir as vias públicas através das bocas de lobo.

### 5.11 QUESTÃO AMBIENTAL

A grande vantagem da utilização de sistemas provisórios do tipo unitário é a possibilidade de um tratamento imediato dos esgotos sanitários, principalmente nos municípios nos quais os moradores já se encontram conectados às redes existentes de esgotos pluviais. Nestes casos, pode-se proceder ao tratamento dos efluentes que atualmente são diretamente destinados aos recursos hídricos. Este tipo de projeto ainda pode permitir o tratamento parcial ou total do *first flush*, demonstrando uma vantagem sua em relação ao sistema separador absoluto, na qual o meio ambiente é o principal beneficiado. Desta forma, Benetti et al. (2005, p. 6) definem estratégias para a abordagem de sistemas unitários da seguinte forma:

[...] pode-se traçar a seguinte sequência de etapas na implantação de sistemas de esgotos:

- a) implantação de redes de esgotos pluviais;
- b) introdução de esgotos sanitários nas redes pluviais;
- c) implantação de interceptores de córregos e arroios;
- d) construção de estações de tratamento de esgotos;
- e) implantação de estruturas de desvio e excesso de águas pluviais;
- f) adoção do sistema separador absoluto.

## 6 SES FLORES DA CUNHA

Originalmente pertencente ao município de Caxias do Sul, o distrito foi fundado em 1877 por famílias de imigrantes italianos que haviam chegado ao Brasil recentemente, buscando por terras para desenvolverem a agricultura. Somente em 1939, a localidade foi elevada à posição de município. O nome do município foi dado em homenagem ao General José Antônio Flores da Cunha, ilustre interventor gaúcho.

Pode-se perceber na figura 5 a urbanização da localidade, a partir da qual fez-se necessária a introdução de um SES capaz de afastar e tratar os efluentes domésticos e industriais gerados pela crescente população.

Figura 5 – Foto aérea da zona urbana



(fonte: FLORES DA CUNHA, 2004)

Esta medida que visa despoluir os cursos d'água e levar saúde e qualidade de vida à população fez com que se buscasse uma série de características do Município, a partir dos quais se pode viabilizar a projeção de um sistema capaz de atender as necessidades locais, conforme apresentado a seguir.

### 6.1 LOCALIZAÇÃO

O Plano Diretor de Esgotos Sanitários (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 3) informa que o município está situado na encosta superior do nordeste do Rio Grande do Sul, no qual Flores

da Cunha encontra-se cerca de 710 m acima do nível do mar, situando-se às margens do Rio das Antas. A área total do município é de 253 km<sup>2</sup>, sendo apenas 6 km<sup>2</sup> destes representantes da área urbana.

## 6.2 POPULAÇÃO

A tabela 1 apresenta a variação da população nos últimos anos, separada pelas áreas rural e urbana.

Tabela 1 – População por situação de domicílio

Anos	População (hab.)		
	Urbana	Rural	Total
1997	11.613	10.319	21.932
1998	12.458	10.086	22.544
1999	13.306	9.817	23.123
2000	14.230	9.447	23.677
2001	14.866	9.481	24.347
2002	15.611	9.480	25.091

(fonte: FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2012)

Pode-se perceber claramente que há uma tendência de crescimento na área urbana e êxodo rural, característica típica das cidades modernas.

## 6.3 SERVIÇOS PÚBLICOS

Conforme descrito no PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 6-10), o Município possui abastecimento de água e luz que abrange praticamente todas as regiões, alcançando elevados índices de atendimento. O Município é abastecido pela Companhia Riograndense de Saneamento (Corsan), que conta com 27 poços de captação, 234.000 m de redes de distribuição e 14 reservatórios, que atendem 7.494 economias, através de uma produção mensal média de 75.000 m<sup>3</sup> de água tratada. Contudo, inexistente sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

No quesito educação, existiam, em 2002, dezoito escolas de ensino infantil, dezoito escolas de ensino fundamental, dezoito escolas de ensino médio, seis escolas especiais de ensino e

sessenta instituições de ensino para jovens adultos. A taxa de analfabetismo entre pessoas com quinze anos ou mais, apurada em 2010, era de 3,16% da população (FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ESTATÍSTICA, 2012). Ainda segundo o PDES, no ano de 2002, a saúde pública contava com um hospital e cinquenta e sete leitos para pacientes, e a taxa de mortalidade infantil, segundo a Fundação Estadual de Estatística (2012), registrada em 2010, foi de 3,41 mortes a cada 1000 nascimentos e a expectativa de vida calculada no ano de 2000 era de 74,11 anos.

#### 6.4 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO

O PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 10) indica que a economia do município se baseia na produção industrial e na agricultura, podendo-se destacar a produção de bebidas alcoólicas (principalmente o vinho), móveis, uvas e alho. A tabela 2 apresenta uma série histórica com dados da indústria local, apresentados por ramo de atividade e a tabela 3, o crescimento do comércio durante quatro anos.

Tabela 2 – Evolução da indústria de Flores da Cunha

Estabelecimentos	Ano				
	1996	1997	1998	1999	2004
Bebidas	190	188	192	199	194
Borracha	2	2	2	2	1
Couro	7	8	8	11	12
Diversas	2	2	3	2	22
Editorial e Gráfica	3	2	2	2	3
Extrativa Mineral	4	4	4	3	2
Madeira	24	26	28	28	32
Material de Transporte	3	2	3	1	1
Material Elétrico e Comunicações	2	2	2	2	2
Mecânica	10	11	12	15	13
Metalúrgica	20	20	22	26	31
Mineral	15	15	14	15	11
Mobiliária	82	87	89	98	105
Papel	2	2	2	2	1
Produtos Alimentares	16	16	19	20	18
Produtos Plásticos	6	9	9	7	8
Química	2	2	3	4	3
Vestuário	62	63	65	64	65
<b>Total</b>	<b>452</b>	<b>461</b>	<b>479</b>	<b>501</b>	<b>524</b>

(fonte: FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2012)

Tabela 3 – A evolução do comércio de Flores da Cunha

Estabelecimentos	Ano			
	1996	1997	1998	1999
Varejista	458	470	495	520
Atacadista	48	48	49	46

(fonte: FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2012)

Por fim, apresenta-se a situação da pecuária local na tabela 4.

Tabela 4 – Evolução pecuária de Flores da Cunha

Cabeças	Ano						
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Bovinos	6.040	5.919	5.742	5.910	5.814	5.846	5.203
Bubalinos	-	-	-	-	-	11	12
Caprinos	11	12	13	14	16	18	16
Codornas	850	952	1.190	1.235	1.427	1.613	1.720
Coelhos	900	855	753	738	685	720	753
Equinos	200	198	195	186	212	236	227
Galinhas	430.000	447.200	424.840	389.728	249.577	270.367	285.107
Galos, frangos, pintos	680.000	700.400	715.808	654.964	535.316	567.435	580.500
Muare	60	59	53	51	48	47	40
Ovinos	400	415	382	374	313	334	280
Suínos	22.865	23.280	22.427	21.928	20.623	21.220	17.877

(fonte: FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA, 2012)

## 6.5 PROJETO DO SES

O SES de Flores da Cunha foi proposto no PDES (FLORES DA CUNHA, 2004), no qual se definiu os encaminhamentos dos esgotos e os sistemas adotados para cada região. A seguir, serão apresentados os parâmetros definidos para projeto.

### 6.5.1 População

A partir de dados censitários obtidos nos anos de 1970, 1980, 1990 e 2000, os responsáveis pelo PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 19-28) calcularam pelo método geométrico, considerado o mais correto devido à situação de crescimento visualizada no Município, a

estimativa de população para um período de 30 anos, período para o qual o projeto deve suprir as necessidades da cidade. A tabela 5 apresenta os valores obtidos para início e fim de plano na localidade.

Tabela 5 – População total estimada da zona urbana

Ano	Taxa de Crescimento (%)	População total (hab)
2005	3,50	16.165
2034	2,00	35.751

(fonte: adaptado de FLORES DA CUNHA, 2004, p. 28)

D-se ressaltar que estes valores são muito simplificados e, por isso, o projeto deve considerar que existem diferentes densidades demográficas dentro de um mesmo município. Sendo assim, o PDES utilizou os setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para calcular separadamente a população de cada local. Feito isto, foi realizada a sobreposição dos setores censitários com as bacias que já haviam sido divididas de acordo com o relevo local. A partir daí, foram definidas as populações de início e fim de plano, de acordo com as bacias, conforme apresentado na tabela 6.

Tabela 6 – População estimada da zona urbana por bacia de esgotamento

Bacia	2005		2034	
	População (hab.)	Densidade (hab./ha)	População (hab.)	Densidade (hab./ha)
1	8862	44,7	19595	98,8
2	99	27,3	220	60,6
3	127	27,4	281	60,7
4	567	48,9	1254	108,1
5	349	10,6	770	23,4
6	58	2,2	128	4,8
7	1035	82,1	2287	181,4
8	65	103,2	144	228,6
9	97	61,8	215	136,9
10	300	48,9	664	108,1
11	79	102,6	175	227,3
Total	11638	38,9	25733	86,0

(fonte: FLORES DA CUNHA, 2004, p. 33)

Deste modo, passou-se à definição das vazões domésticas geradas pela população, cuja proporcionalidade se dá de forma direta com o consumo de água potável. Conforme explicitado no PDES (FLORES DA CUNHA, p. 34-36), este cálculo ainda envolve fatores como:

- a) perdas de água no sistema: definidas em 35%;
- b) consumo médio de água por economia: considerando todas as economias atendidas resulta em 528 L/economia.dia;
- c) consumo médio de água *per capita*: este valor, incluídas as perdas do sistema resulta em 160 L/hab.dia.

Definidas as vazões entregues à população, deve-se definir a vazão de contribuição de esgotos sanitários, que é dada pela multiplicação da contribuição média *per capita* multiplicada por um coeficiente de retorno. Segundo a NBR 9649 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1986, p. 7), deve-se adotar para o coeficiente de retorno um valor de 80%. Deste modo, o PDES apresenta as vazões de esgotos domésticos, apresentados na tabela 7.

Tabela 7 – Vazões domésticas por bacia de esgotamento

Bacia	2005				2034			
	Pop. (hab)	Vazões (L/s)			Pop. (hab)	Vazões (L/s)		
		Mín	Méd	Máx		Mín	Méd	Máx
1	8862	7,18	14,36	25,85	19595	15,88	31,75	57,15
2	99	0,08	0,16	0,29	220	0,18	0,36	0,64
3	127	0,1	0,21	0,37	281	0,23	0,46	0,82
4	567	0,46	0,92	1,65	1254	1,02	2,03	3,66
5	349	0,28	0,57	1,02	770	0,62	1,25	2,25
6	58	0,05	0,09	0,17	128	0,1	0,21	0,37
7	1035	0,84	1,68	3,02	2287	1,85	3,71	6,67
8	65	0,05	0,11	0,19	144	0,12	0,23	0,42
9	97	0,08	0,16	0,28	215	0,17	0,35	0,63
10	300	0,24	0,49	0,88	664	0,54	1,08	1,94
11	79	0,06	0,13	0,23	175	0,14	0,28	0,51
Total	11638	9,42	18,88	33,95	25733	20,85	41,71	75,06

(fonte: FLORES DA CUNHA, 2004, p. 37)

A partir destes resultados, define-se as quantidades de cargas de orgânicas e sólidos em suspensão que serão despejados nos efluentes através da relação direta com o número de habitantes. Segundo o PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 36) considera-se valores de 54 (gDBO/hab.dia) para a DBO e 60 (gDBO/hab.dia) para os SS.

Através destes parâmetros define-se as cargas poluidoras para início e fim de plano, de modo que se permita visualizar o horizonte do projeto, conforme representado na tabela 8.

Tabela 8 – Cargas de DBO e SS por bacia de esgotamento

Bacia	2005			2034		
	Pop. (hab)	Cargas (kg/dia)		Pop. (hab)	Cargas (kg/dia)	
		DBO	SS		DBO	SS
1	8862	478,5	531,7	19595	1.058,1	1.175,7
2	99	5,3	5,9	220	11,9	13,2
3	127	6,9	7,6	281	15,2	16,9
4	567	30,6	34,0	1254	67,7	75,2
5	349	18,8	20,9	770	41,6	46,2
6	58	3,1	3,5	128	6,9	7,7
7	1035	55,9	62,1	2287	123,5	137,2
8	65	3,5	3,9	144	7,8	8,6
9	97	5,2	5,8	215	11,6	12,9
10	300	16,2	18,0	664	35,9	39,8
11	79	4,3	4,7	175	9,5	10,5
Total	11638	628,3	698,1	25733	1.389,7	1.543,9

(fonte: FLORES DA CUNHA, 2004, p. 37)

## 6.5.2 Indústrias

Para que se pudesse analisar as cargas poluidoras despejadas por indústrias, foi realizado um cadastramento de todas as indústrias do Município com potencial de poluição hídrica no ano de 2004, conforme apresentado no PDES (FLORES DA CUNHA, p. 38-44). Estes dados tornaram-se objeto de estudo e acabaram por gerar cargas poluidoras, em termos de DBO, DQO e metais pesados. Para que se pudesse extrapolar os dados existentes, definiu-se que a taxa de crescimento das indústrias do Município seria considerada igual às taxas adotadas para a população. Deste modo, o PDES (FLORES DA CUNHA, p. 38) apresenta os valores estimados para início e fim de plano das contribuições industriais, conforme tabela 9.

Tabela 9 – Cargas de DBO e SS por bacia de esgotamento

Bacia	Indústrias	Vazão (L/s)		Carga (kgDBO/dia)	
		2005	2034	2005	2034
1	46	4,3	9,6	144,0	320,0
2	1	0,1	0,2	3,0	7,0
5	3	0,3	0,6	9,0	21,0
Total	50	4,7	10,4	156,0	348,0

(fonte: FLORES DA CUNHA, 2004, p 44)

### 6.5.3 Concepção do projeto

De acordo com o PDES, após levantamento topográfico sobre o relevo local, foram estudadas as declividades e optou-se por implantar no município um projeto dividido em dois sistemas principais, separando as onze bacias do projeto, cujos tratamentos de efluentes serão realizados em estações de tratamento diferentes para cada um deles, conforme especificado a seguir.

#### 6.5.3.1 Sistema Centro

De acordo com o PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 76), foi definido que fariam parte do Sistema Centro as bacias 1 a 6, cujos esgotos seriam destinados à ETE Lagoa Bela, cuja implantação ainda deverá ser executada. As bacias 1 e 6 chegarão à ETE por gravidade, já as bacias 2 a 5 deverão necessitar que sejam executadas estações de bombeamento de esgoto para conduzi-las ao seu destino final. A tabela 10 apresenta as redes que deverão ser implantadas.

Tabela 10 – Redes coletoras Sistema Centro

Bacia	Redes a executar (m)		
	150	200	250
1	30660	2044	1362
2	845	94	0
3	693	77	0
4	2606	290	0
5	1202	134	0
6	3496	389	0
Total	39502	3028	1362

(fonte: baseado em FLORES DA CUNHA, 2004)

#### 6.5.3.2 Sistema Sul

Em seu texto, o PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 76) define o Sistema Sul considerando os núcleos habitacionais Pérola I, Pérola II, Pérola III e Jardim São Pedro. Juntos, estes bairros correspondem às bacias 7 a 11. Através de estudos técnicos, adotou-se para esta situação a solução de tratamento local, com seis ETE de pequeno porte, conforme apresentado na tabela 11.

Tabela 11 – estações de tratamento Sistema Sul

Bacia	Área (há)	ETE	Pop. (hab)	
			2005	2034
7	2,81	Pérola III-A	290	640
7	2,00	Pérola III-B	249	550
7	4,00	Pérola I-II	328	725
8	0,90	Pérola III-D	95	210
9	2,40	Pérola II	97	215
10	5,00	Jardim São Pedro	249	550
11	0,90	Pérola III-C	95	210
<b>Total</b>	<b>18,01</b>		<b>1403</b>	<b>3100</b>

(fonte: baseado em FLORES DA CUNHA, 2004, p. 79)

O PDES (FLORES DA CUNHA, 2004, p. 78) ainda cita que o núcleo Pérola II já possui algumas redes executadas desde o período da implantação do loteamento nas ruas Araçá, Cerejeira, Pitangueiras e Guabijú. Contudo, não se sabe ao certo quais são as reais condições desta tubulação e, por isso, será considerada a substituição total das mesmas. De mesmo modo, a ETE Pérola III-A, também já havia sido construída, porém, esta apresenta grandes fissuras devido a recalques diferenciados, fazendo com que seja necessária uma recuperação estrutural. Ainda vale ressaltar que neste sistema será necessária a execução de apenas uma linha de recalque, que conduzirá os efluentes do núcleo Pérola II para a bacia Pérola I, onde será implantada a ETE Pérola I-II, responsável pelo tratamento destes efluentes. Por fim, define-se o total de redes que deverão ser executadas no Sistema Sul, conforme tabela 12.

Tabela 12 – Redes coletoras Sistema Sul

Bacia	Redes a executar	
	150	200
7	2372	263
8	244	27
9	321	36
10	931	104
11	189	21
<b>Total</b>	<b>4057</b>	<b>451</b>

(fonte: baseado em FLORES DA CUNHA, 2004)

#### **6.5.4 Parâmetros de projeto**

A partir do estudo cuidadoso das características da cidade, foram definidos os parâmetros necessários para caracterizar cada localidade em início e fim de plano. As tabelas 13 e 14 demonstram os parâmetros considerados para o pré-dimensionamento do sistema nos momentos de início e fim de plano.

Tabela 13 – Parâmetros de projeto de início de plano

Bacia	Área (há)	População (hab.)	Densidade (hab./ha)	Vazão doméstica (L/s)			Vazão industrial (L/s)	Vazão de infiltração (L/s)		Vazão total (L/s)	Carga orgânica (kgDBO/dia)		
				Mín	Méd	Máx		Rede	ETE		Méd	Doméstica	Industrial
1	198,33	8862	44,68	7,18	14,36	25,85	4,32	17,03	8,52	44,23	478,5	144	622,5
2	3,63	99	27,4	0,08	0,16	0,29	0,09	0,47	0,23	0,95	5,3	3	8,3
3	4,63	127	27,4	0,1	0,21	0,37	0	0,38	0,19	0,78	6,9	0	6,9
4	11,6	567	48,87	0,46	0,92	1,65	0	1,45	0,72	3,09	30,6	0	30,6
5	32,87	349	10,62	0,28	0,57	1,02	0,28	0,67	0,33	1,85	18,8	9	27,8
6	26,55	58	2,17	0,05	0,09	0,17	0	1,94	0,97	3	3,1	0	3,1
7	12,61	1035	82,08	0,84	1,68	3,02	0	1,32	0,66	3,66	55,9	0	55,9
8	0,63	65	103,04	0,05	0,11	0,19	0	0,14	0,07	0,32	3,5	0	3,5
9	1,57	97	61,8	0,08	0,16	0,28	0	0,18	0,09	0,43	5,2	0	5,2
10	6,14	300	48,88	0,24	0,49	0,88	0	0,52	0,26	1,27	16,2	0	16,2
11	0,77	79	103,04	0,06	1,13	0,23	0	0,1	0,05	1,28	4,3	0	4,3
<b>Total</b>	<b>299,33</b>	<b>11638</b>		<b>9,42</b>	<b>19,88</b>	<b>33,95</b>	<b>4,69</b>	<b>24,2</b>	<b>12,09</b>	<b>60,86</b>	<b>628,3</b>	<b>156</b>	<b>784,3</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

Tabela 14 – Parâmetros de projeto de firm de plano

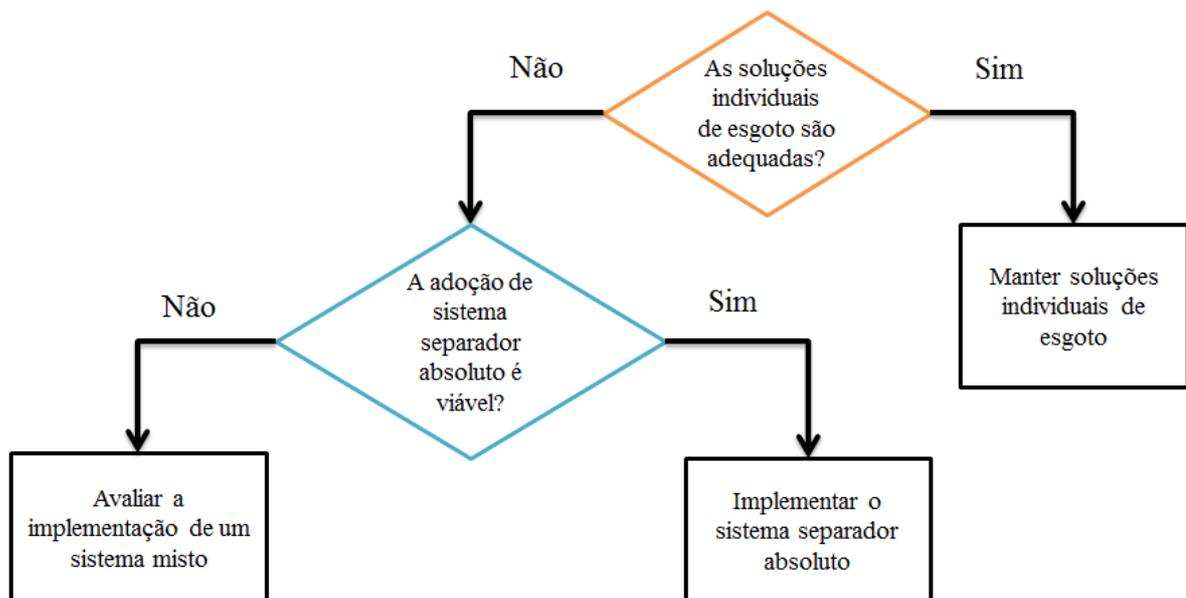
Bacia	Área (há)	População (hab.)	Densidade (hab./ha)	Vazão doméstica (L/s)			Vazão industrial (L/s)	Vazão de infiltração (L/s)		Vazão total (L/s)	Carga orgânica (kgDBO/dia)		
				Mín	Méd	Máx		Rede	E TE		Méd	Doméstica	Industrial
1	198,33	19595	98,8	15,88	31,75	57,15	9,57	17,03	8,52	66,87	1058,1	320	1378,1
2	3,63	220	60,6	0,18	0,36	0,64	0,21	0,47	0,23	1,27	11,9	7	18,9
3	4,63	281	60,6	0,23	0,46	0,82	0	0,38	0,19	1,03	15,2	0	15,2
4	11,6	1254	108,1	1,02	2,03	3,66	0	1,45	0,72	4,2	67,7	0	67,7
5	32,87	770	23,4	0,62	1,25	2,25	0,62	0,67	0,33	2,87	41,6	21	62,6
6	26,55	128	4,8	0,1	0,21	0,37	0	1,94	0,97	3,12	6,89	0	6,89
7	12,61	2287	181,4	1,85	3,71	6,67	0	1,32	0,66	5,69	123,5	0	123,5
8	0,63	144	227,9	0,12	0,23	0,42	0	0,14	0,07	0,44	7,8	0	7,8
9	1,57	215	136,7	0,17	0,35	0,63	0	0,18	0,09	0,62	11,6	0	11,6
10	6,14	664	108,1	0,54	1,08	1,94	0	0,52	0,26	1,86	35,9	0	35,9
11	0,77	175	227,9	0,14	0,28	0,51	0	0,1	0,05	0,43	9,5	0	9,5
<b>Total</b>	<b>299,33</b>	<b>25733</b>		<b>20,85</b>	<b>41,71</b>	<b>75,06</b>	<b>10,4</b>	<b>24,2</b>	<b>12,09</b>	<b>88,4</b>	<b>1389,69</b>	<b>348</b>	<b>1737,69</b>

(fonte: elaborado pelo autor)

## 7 PROPOSTA ALTERNATIVA PARA O SES

A partir do estudo da proposta do PDES de Flores da Cunha – RS, decidiu-se propor uma alternativa para este sistema que seja capaz de facilitar a implantação do mesmo. A proposta seria utilizar as redes coletoras de esgotos pluviais existentes em alguns trechos para coletar os esgotos sanitários e tratá-los. Esta coleta seria facilitada, uma vez que, embora não seja pretendido, já ocorre no local essa ligação do esgoto doméstico à rede pública de esgoto pluvial, devido à necessidade que se criou da destinação final do mesmo. Esta proposta baseia-se na figura 6, na qual é apresentado um fluxograma para identificação da situação de esgotamento para os municípios.

Figura 6 – Fluxograma de identificação da situação do sistema de esgotamento



(fonte: adaptado de BERNARDES; SOARES, 2004, p. 153)

Analisando-se o município de Flores da Cunha percebe-se que as soluções individuais não funcionam, pois são feitas de maneira incorreta ou então não recebem a devida manutenção. Por outro lado, o município não possui recursos suficientes para implantar uma rede do tipo separadora absoluta, deste modo o fluxograma nos conduz à avaliação da utilização de um sistema do tipo unitário. Contudo, há que se fazer uma ressalva, que o sistema unitário só pode ser adotado de forma provisória, pois é impossível que se realize o licenciamento de um

SES que proponha sua utilização de modo permanente. Sendo assim, será previsto um projeto que aproveite as galerias pluviais para condução de esgotos, mas que posteriormente receberá adequação ao sistema gradual.

A alternativa proposta por este trabalho define a implantação do sistema em quatro etapas, iniciando-se pela execução de uma ETE capaz de receber os esgotos unitários já coletados das bacias 1 e 6, introduzindo nas demais bacias o sistema separador absoluto e, por fim, adequando as bacias 1 e 6 ao sistema separador absoluto.

A proposta de realizar o tratamento do esgoto sanitário das bacias 1 e 6, a partir da vazão coletada pelos esgotos pluviais (fato este que já ocorre) faria com que se elevasse o nível de tratamento de esgotos do município para 78% da vazão e 80% da carga orgânica, com um custo muito reduzido, se comparado ao modelo convencional, no qual seria prevista a implantação da ETE e dos coletores. A simples introdução da ETE Lagoa Bela no sistema fará com que a cidade passe a apresentar níveis de coleta e tratamento de esgotos sanitários invejáveis para a realidade brasileira, proporcionando tratamento a 76% da população urbana. Esta prática não pode ser realizada para as demais bacias, pois estas dependem de estações de bombeamento de esgoto, dificultando o processo, uma vez que o esgoto precisa ser bombeado em EBE, inviabilizando a alternativa, devido ao alto custo de se realizar o recalque dos grandes volumes apresentados em esgotos pluviais. Desta forma, percebe-se que para a utilização deste tipo de sistema, é recomendável que haja uma situação favorável, na qual já esteja implantado um sistema de galerias pluviais que se destinem a um mesmo ponto e que este mesmo ponto seja o local projetado para a construção da ETE, fato que geralmente ocorre, pois assim como os esgotos pluviais, o esgoto sanitário é conduzido por gravidade.

Os itens a seguir apresentam maneiras de viabilizar esta nova proposta nos âmbitos técnicos e jurídicos, uma vez que deve-se ter cuidados especiais para a realização de um projeto como este.

## 7.1 VIABILIZAÇÃO AMBIENTAL

Embora a utilização de sistemas unitários já esteja bastante difundida em outros países, o Brasil possuía um grande empecilho para estas abordagens. O grande problema era a proibição do licenciamento de obras de saneamento que propusessem melhorias gradativas

nos padrões de emissão de efluentes, no tratamento de esgotos ou na melhoria de classe dos corpos hídricos receptores. Uma vez implantados, os SES deveriam solucionar, de imediato, os problemas. Contudo, sabe-se que para isso seria necessário a obtenção de muitos recursos num curto período de tempo, inviabilizando os projetos dos municípios, devido à dificuldade da obtenção dos recursos necessários.

Com a instituição da Lei 11.445 (BRASIL, 2007), que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, alterou-se esta ideia, permitindo a consideração de etapas de eficiência no tratamento de esgotos, conforme apresentado no artigo 44 desta mesma Lei:

§ 1º A autoridade ambiental competente estabelecerá procedimentos simplificados de licenciamento para as atividades a que se refere o caput deste artigo, em função do porte das unidades e dos impactos ambientais esperados.

§ 2º A autoridade ambiental competente estabelecerá metas progressivas para que a qualidade dos efluentes de unidades de tratamento de esgotos sanitários atenda aos padrões das classes dos corpos hídricos em que forem lançados, a partir dos níveis presentes de tratamento e considerando a capacidade de pagamento das populações e usuários envolvidos.

A partir deste novo conceito, a Resolução n. 245, de 2010, do Conselho Estadual do Meio Ambiente (RIO GRANDE DO SUL, 2010, p. 1), alterou as políticas de licenciamento ambiental do órgão para entrar em acordo com a legislação nacional, passando a permitir também que se considerasse etapas de eficiência na adoção dos sistemas, viabilizando a adoção do tratamento de afluentes provenientes de redes de esgoto pluvial, conforme descrito a seguir:

Dispõe sobre a fixação de procedimentos para o licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitário, considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das Classes dos corpos hídricos receptores, em conformidade com os Planos de Saneamento e de Recursos Hídricos.

Desta forma, essa Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente resolve que (RIO GRANDE DO SUL, 2010, p. 2):

Art 1. Fixar procedimentos para o licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitários (SES) considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das Classes dos corpos hídricos receptores, em conformidade com os Planos de Saneamento e de Recursos Hídricos.

§ único. Esta resolução se aplica exclusivamente aos Sistemas de Esgotamento Sanitário previstos nos Planos citados no caput e que atendam aos preceitos neles estabelecidos.

Art 2. Para os efeitos desta Resolução, são adotadas as seguintes definições:

- I. Etapas de Eficiência: parâmetros de qualidade de efluentes, a fim de se alcançar progressivamente, por meio do aperfeiçoamento dos sistemas e processos de tratamento, o atendimento às classes dos corpos hídricos;
- II. Esgotos Sanitários: efluentes líquidos domésticos; despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;
- III. Estação de Tratamento de Efluentes (ETE): conjunto de unidades implantadas com a finalidade de reduzir a carga poluidora e consequente adequação aos padrões de emissão fixados;
- IV. Interceptores: canalização que recebe coletores ao longo de seu comprimento, não recebendo ligações prediais diretas.
- V. Metas Progressivas de Corpos Hídricos: desdobramento do enquadramento em objetivos de qualidade de água intermediários para corpos receptores, com cronograma pré-estabelecido, a fim de atingir a meta final de enquadramento;
- VI. Padrão de Emissão: valor máximo permitido, atribuído a cada parâmetro passível de controle, para lançamento de efluentes líquidos, a qualquer momento, direta ou indiretamente, em águas superficiais;
- VII. Sistema de Esgotamento Sanitário (SES): conjunto de equipamentos que propiciam a coleta, o afastamento, o tratamento e a destinação final dos esgotos sanitários gerados na sua área de abrangência;
- VIII. Sistema Separador Absoluto: sistema cuja rede coletora é concebida para receber exclusivamente esgotos sanitários, fazendo-se o esgotamento das águas pluviais em sistema próprio e independente.

Art 3. Para fins de Licença de Instalação, o SES deverá estar previsto no referido Plano de Saneamento e sua concepção geral deverá contemplar os seguintes aspectos:

- I. todas as etapas de coleta, tratamento e lançamento dos efluentes tratados;
- II. a totalidade do esgotamento sanitário na sua área de abrangência;
- III. o cronograma de implantação;
- IV. apresentar os dados de população de início e fim do Estudo de Concepção do SES.

Art 4. Para fins de obtenção de Licença de Operação dos SES novos é necessário o atendimento das condicionantes relacionadas abaixo:

- I. implantação de ETE com tratamento para atendimento dos padrões de emissão referentes aos parâmetros DBO5 20°C, DQO e SS, determinados pela legislação em vigor;
- II. Implantação de interceptores que conduzam os efluentes à ETE, considerada a sua adequação ao processo de tratamento adotado e à implantação gradativa de sistema separador absoluto.

Art 5. Os SES existentes poderão ser enquadrados nesta Resolução desde que apresentem o cronograma de atendimento às metas progressivas, visando ao

atendimento dos padrões da legislação vigente e de acordo com o Plano de Saneamento.

Art 6. Revogam-se as disposições em contrário.

Essa alteração na legislação pode ser considerada um marco para o saneamento no Brasil. A partir destas definições passa a haver um grande número de possibilidades de tratamento de esgotos que, atualmente, já estão inclusive sendo coletados através de redes pluviais e não estão recebendo nenhum tipo de tratamento.

## 7.2 VIABILIZAÇÃO TÉCNICA

Os parâmetros e critérios apresentados pelas normas brasileiras baseiam-se unicamente na concepção de sistemas do tipo separador absoluto. Deste modo, apesar de ser possível a utilização de sistemas unitários, deve haver um cuidado especial ao realizar estes projetos, uma vez que existem diferenças relacionadas à concepção, ao dimensionamento e à operação. Sendo assim, nos itens a seguir, serão apresentados alguns pontos que devem receber atenção especial para a implantação de sistemas unitários.

### 7.2.1 Alterações nas redes

Caso tenham sido corretamente executadas e projetadas, as redes de esgotos pluviais são capazes de receber o esgoto sanitário. Contudo, deve-se ressaltar que isto nem sempre é uma verdade e os destinos das galerias pluviais geralmente são definidos por medidas emergenciais e definidas ponto a ponto, esquecendo-se da abordagem da macrodrenagem. Este tipo de problema pode fazer com que existam pontos de despejo de esgotos em recursos hídricos que não eram esperados pelo projetista, desta forma, seria interessante que se realizasse uma verificação dos sistemas existentes.

Nas questões relativas às vazões, pode-se considerar que o dimensionamento utilizado para a definição dos diâmetros de esgotos pluviais é suficiente com muita folga para os esgotos combinados, pois, sua representação durante eventos chuvosos é muito pequena. A única ponderação que pode ser acrescentada ao projeto do tratamento de esgotos é a questão do aumento considerável dos diâmetros, que faz com que haja um aumento também das infiltrações de águas subterrâneas à rede, que pode ser levado em consideração quando da definição das vazões de projeto.

Ainda referente a alterações que podem ser previstas nas redes, é a utilização de bocas-de-lobo que não permitam a saída de gases. Conforme assunto já abordado neste trabalho, este problema é recorrente em regiões muito planas, devido à sedimentação de materiais orgânicos que se decompõem dentro das tubulações, criando gases que saem das redes coletoras através das bocas-de-lobo. Buscando uma solução para este problema, descobriu-se, na pesquisa deste trabalho, que já existem soluções alternativas que, inclusive, já estão em uso. O engenheiro Henrique Wittler (2012), da empresa Wittler Engenharia, e os pesquisadores D'alascio, Emmendoerfer e Solera (2012), da empresa Caixa Ecológica, disponibilizam em seus *sites* informações sobre produtos que prometem solucionar este problema, baseados na reserva do direito de patente do senhor Ormíndio da Silva, criando bocas-de-lobo capazes de não permitir a emissão de gases gerados dentro da tubulação à superfície. Os sistemas utilizam o efeito chamado fecho hídrico, onde uma camada de líquido, permanece na tubulação através de um sifão e não permite a passagem dos gases.

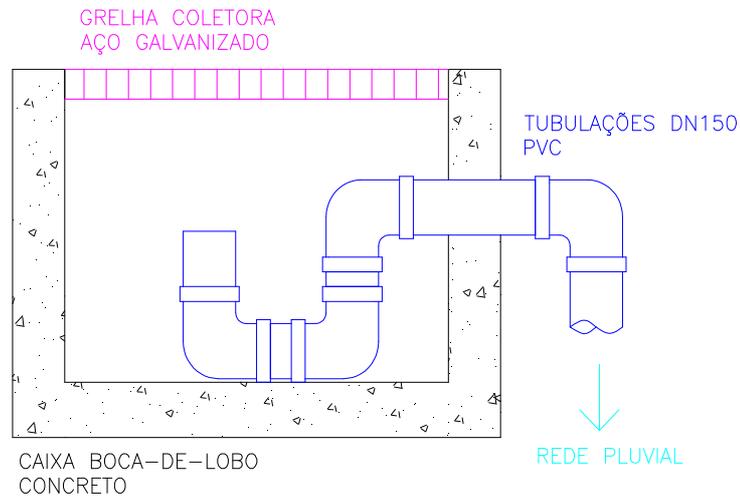
No final de 2011, um loteamento em Canoas/RS, que apresentava problemas de geração de odor em bocas-de-lobo recebeu 35 destas caixas ecológicas, que tiveram um excelente funcionamento e solucionaram o problema. Sabe-se também, que houve o emprego destas caixas no município de Viamão/RS, contudo não há maiores informações sobre a eficiência das mesmas.

De acordo com os fabricantes, dentre as principais vantagens da utilização destes sistemas, pode-se destacar:

- a) proteção contra mau cheiro proveniente das tubulações de esgoto;
- b) diminui o entupimento das bocas-de-lobo;
- c) possuem alta resistência a intempéries;
- d) fácil instalação;
- e) evita o acesso de animais e insetos à rede;
- f) superior capacidade de vazão em relação a sistemas convencionais.

Abaixo, algumas ilustrações que permitem a melhor visualização do sistema. A figura 7 representa de forma esquemática um corte do modelo de boca-de-lobo, a figura 8 apresenta uma foto de uma caixa deste tipo instalada no município de Viamão/RS. Deve-se ressaltar que os dois projetos mencionados se assemelham e basicamente diferenciam-se no fato de um utilizar um grelha horizontal e o outro uma grelha vertical.

Figura 7 – Caixa ecológica para esgotos



(fonte: adaptado de WITTLER, 2012)

Figura 8 – Caixa ecológica para esgotos instalada em Viamão/RS



(fonte: WITTLER, 2012)

## 7.2.2 Alterações nas ETE

Devido às alterações do esgoto que é conduzido às ETE em sistemas unitários, Bernardes e Soares (2004, p. 154) afirmam que se faz necessária a implementação de medidas de adequação do tratamento. Os autores ainda ressaltam que neste cenário, estas misturas de

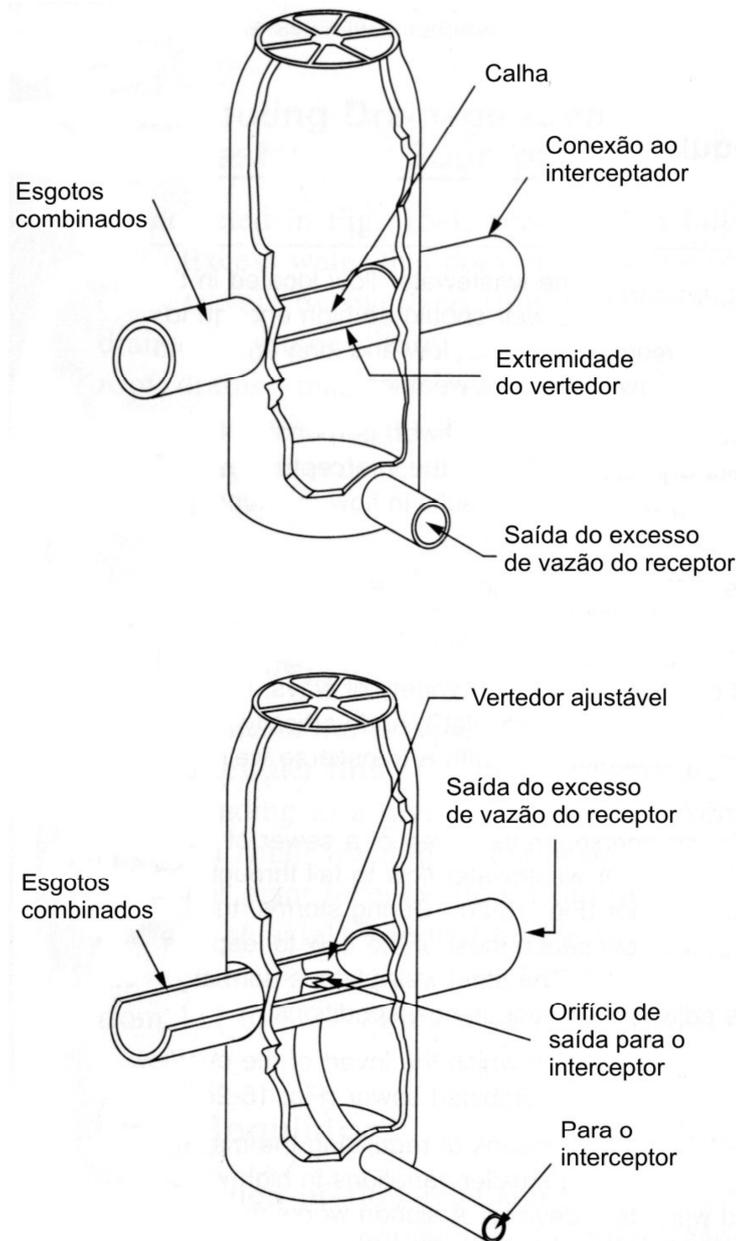
esgotos sanitários e pluviais podem ocorrer tanto de forma oficial, em sistemas que tenham sido previamente concebidos para isto, quanto de forma clandestina, fato muito comum nas cidades brasileiras e que gera interconexões de esgoto.

Para que se proceda de forma correta o dimensionamento de estações de tratamento, Bernardes e Soares (2004, p. 154) ressaltam a importância crescente, nos dias de hoje, para que sejam realizados maiores estudos sobre o tema, que consigam identificar aspectos relevantes sobre o planejamento e condições de funcionamento, inclusive aproveitando-se de sistemas existentes para avaliação de parâmetros. Contudo, os mesmos autores ainda afirmam que, embora seja primordial que se estude num primeiro momento a literatura que aborda o assunto, faz-se necessária a busca por dados de entrada precisos, de modo a buscar parâmetros de projeto capazes de representar com eficácia a realidade do tratamento. Portanto, torna-se evidente que o dimensionamento e o controle dos processos de tratamento depende diretamente do avanço nos conhecimentos dos hidrogramas de entrada de vazão nas estações de tratamento, bem como da qualidade dos esgotos, que vai ser relacionada a diversas características do sistema que está sendo projetado. Nos itens a seguir, serão apresentados alguns fatores que deverão ser abordados no dimensionamento de ETE para sistemas unitários.

#### 7.2.2.1 Sobrecarga Hidráulica

Mudanças abruptas de vazão em sistemas de esgotamento sanitário são causas frequentes de problemas operacionais e falhas apresentadas pelas ETE. A principal medida que deve ser tomada em uma ETE para evitar a sobrecarga hidráulica é a adoção de um elemento denominado *by-pass* ou simplesmente estrutura de regulação e desvio, que nada mais é do que a implantação de um dispositivo na entrada de esgotos da ETE e ao longo dos interceptores, que seja capaz de regular a quantidade de esgoto afluyente, não permitindo que ocorra a entrada de uma vazão acima daquela para a qual a ETE foi projetada. A figura 9 apresenta dois modelos de estrutura de regulação e desvio que podem ser instalados nos pontos onde as redes coletores encontram os interceptores, fazendo com que a regulação ocorra primeiramente num nível a montante da ETE, ou então na entrada da própria ETE. Deve-se salientar que quando estas estruturas precedem interceptores de coleta exclusiva de esgoto sanitário, deve-se prever ainda grades e sistemas que previnam contra a entrada de lixo, galhos e demais elementos de grande porte à rede.

Figura 9 – Estruturas de regulação e desvio



(fonte: TCHOBANOGLIOUS; BURTON, 1991)

Vale ressaltar que Bernardes e Soares (2004, p. 155-156) explicam que estes dispositivos devem ser utilizados de forma rotineira e não apenas emergencial em todo o sistema, desde o transporte até o tratamento. Devem sempre buscar minimizar os impactos ambientais, evitando, sempre que possível, o lançamento de esgoto *in natura* nos recursos hídricos, principalmente em países como o Brasil em que os índices pluviométricos são bastante elevados e aumentam a ocorrência de despejos, criando um risco de que haja efeitos danosos ao meio ambiente, ainda mais se forem considerados efeitos cumulativos. Os mesmo autores

ainda afirmam que em sua pesquisa os valores usuais de vazão afluyente às ETE praticados em países norte-americanos e europeus são de duas a quatro vezes maiores que os utilizados para sistemas do tipo separador absoluto. O controle de vazão afluyente também pode ser realizado nos projetos de macrodrenagem urbana, contemplando bacias de detenção capazes de regularizar a vazão e não sobrecarregar, contudo, conforme já foi citado anteriormente, deve-se evitar a utilização de parques para tal fim, visto que a poluição trazida pelos esgotos domésticos e industriais certamente iria degradar e destruir completamente estes ambientes, fazendo com que as bacias de detenção mais adequadas para sistemas unitários sejam as estruturais e que sejam preferencialmente cobertas, evitando a liberação de mau-cheiro para a população vizinha.

#### 7.2.2.2 Presença de areia e material sólido

A areia e os materiais sólidos são removidos, quase em sua totalidade, em etapas preliminares ou primárias de tratamento. Segundo Bernardes e Soares (2004, p. 109), estas etapas (sedimentação, flotação por ar dissolvido, gradeamento e filtração) são as menos afetadas por variações nas vazões, uma vez que podem permanecer ociosas por longos períodos de tempo sem afetar a eficiência do tratamento. Contudo, os mesmos autores ainda afirmam que estas etapas são importantes quando consideradas as suas consequências nos sistemas de tratamento posteriores a elas, devido à passagem de areia e materiais sólidos. Em sistemas unitários as etapas de tratamento preliminar como gradeamento e caixa de areia devem possuir uma eficiência ainda maior, devido à maior presença de areia, sólidos orgânicos, inorgânicos e lixo, trazidos das ruas pelas águas da chuva. Desta forma, deve-se considerar uma maior frequência da remoção de excedentes destes aparelhos e possivelmente um novo dimensionamento. Contudo, Bernardes e Soares (2004, p. 111) afirmam que o maior problema gerado por estes materiais ocorre quando há um aumento considerável nas quantidades de sólidos afluentes, dividindo-os em dois problemas distintos e que merecem especial atenção, sendo eles:

- a) sólidos em suspensão inorgânicos: geram um aumento da produção final de lodo, alterando os tempos de detenção da ETE e prejudicando diretamente a qualidade do efluente, e alteram as propriedades de sedimentação do esgoto, prejudicando a eficiência do tratamento, principalmente em decantadores rasos;
- b) areia: a insuficiência de remoção deste tipo de material gera problemas de cunho operacional, como o depósito de material excessivo em tanques de

aeração e digestores, bem como a obstrução de tubulações e desgaste de bombas.

### 7.2.2.3 Variação da qualidade do esgoto

Outro problema que deve ser abordado pelo projetista de ETE para receber esgotos combinados é a variação da qualidade, ou das propriedades do afluente. Segundo Bernardes e Soares (2004, p. 110), há uma variação muito grande principalmente nos parâmetros DBO, DQO e nitrogênio. Os mesmos autores afirmam que picos de cargas orgânicas, que podem ocorrer devido ao *first flush*, podem causar uma falta de oxigenação do esgoto, resultando em perda de eficiência do tratamento. Deste modo, em lagoas facultativas pode haver um queda do pH (nível de acidez da água), queda do oxigênio disponível, surgimento de manchas cinzentas no efluente e intensificação de maus odores. Em sistemas de lodos ativados, o aumento da concentração de sólidos e nitrogênio repercute diretamente na qualidade do efluente dos tanques de aeração, causando um aumento da concentração de SS. Há também a situação inversa, que ocorre geralmente depois dos primeiros minutos de chuva, nos quais o afluente passa a encontrar-se extremamente diluído e, por isso, acaba apresentando níveis muito baixos de DBO, DQO e nitrogênio, prejudicando a qualidade do tratamento.

### 7.2.2.4 Operação dos sistemas

Todas as alterações geradas pela implantação de um sistema do tipo misto geram alterações também na operação, que devem ser abordadas de acordo com o tipo de tratamento que vem sendo utilizado. Como não há normas ou trabalhos nacionais que apresentem esta questão, abaixo apresentam-se alguns quesitos que devem ser estudados com cuidado para que se busque alternativas para a operação do tratamento.

Segundo Bernardes e Soares (2004, p. 109), para sistemas de lodos ativados e tratamentos com lagoas de estabilização, deve-se observar os seguintes aspectos:

- a) limites para incrementos de vazão afluente em sistemas de lodos ativados: devem ser baseados no controle contínuo da concentração de amônia na zona de nitrificação do reator biológico e do nível em que se encontra a manta de lodo no decantador secundário. Somente desta forma, será mantida a qualidade final do efluente;
- b) controle durante picos de vazão: deve-se incluir no sistema controles automáticos dos aeradores, que permitam solucionar o problema do oxigênio disponível, mantendo a sua concentração constante no aerador;

- c) operação do decantador secundário: deve-se considerar alguma forma de protegê-lo da exposição de cargas muito elevadas por longos períodos de tempo, pois isto pode gerar um aumento excessivo da manta de lodo, que pode chegar a um nível crítico;
- d) tempo de detenção de lagoas de estabilização: embora possuam grande capacidade de armazenar esgoto devido a suas altas capacidades, a influência de eventos chuvosos pode acarretar a redução do tempo de detenção hidráulica destas lagoas, gerando um decréscimo da concentração de oxigênio disponível e, conseqüentemente, redução no desempenho do sistema de tratamento.

### 7.3 COMPARAÇÃO ECONÔMICA

Além das vantagens ecológicas já apresentadas, a utilização da implantação progressiva de sistemas de esgotamento sanitário pode representar também uma vantagem econômica para a municipalidade. Isto se deve principalmente pelo fato de que este modelo de implantação permite que os esgotos sanitários sejam tratados sem a implantação de redes coletoras. A partir do momento que este esgoto passa a ser tratado, há também a cobrança junto à população pelo serviço prestado. Sendo assim, pode-se antecipar de forma considerável a captação de recursos. Ao contrário do que ocorria tradicionalmente, também passa a ser permitida a tomada de empréstimos para a adequação do sistema existente nos municípios, o que facilita muito a obtenção deste capital. Deste modo, percebe-se que há três fatores preponderantes que podem ser considerados para que se obtenha um ganho econômico neste tipo de implantação do sistema:

- a) a postergação de despesas com redes coletoras, que evita – ou pelo menos reduz – a tomada de empréstimos para a execução das obras;
- b) a possibilidade de tomada de empréstimos para adequação de sistemas existentes;
- c) a antecipação da arrecadação com a operação do sistema.

Como o plano diretor do município de Flores da Cunha – RS foi elaborado no ano de 2004, para fins de comparação, seus valores serão ajustados para o ano de 2012, através de um indexador que permita a correta estimativa dos custos de implantação do sistema nos dias atuais. Outro ponto que merece atenção são os orçamentos para execução de redes coletoras de esgotos, que não contemplam os gastos com repavimentação e, portanto, terão seus valores acrescidos de um montante que será calculado com base nos preços unitários da obra de Redes Coletoras, Elevatórias e Linhas de Recalque – Lote 2, nos municípios de Alvorada e

Viamão, da Companhia Riograndense de Saneamento, conforme estabelecido no contrato 174/09 DEGEC/SUSUP, de agosto de 2009 e que estabelece os valores apresentados na tabela 15.

Tabela 15 – Preços unitários do contrato 174/09 DEGEC SUSUP

Item	Serviço	Unidade	Unitário (R\$)
6.1.1	Remoção de asfalto cbuq espessura de 6 a 10 cm	m <sup>2</sup>	6,29
6.1.3	Remoção de paralelepípedos	m <sup>2</sup>	2,42
6.2.2	Recomposição de asfalto cbuq espessura 8 cm	m <sup>2</sup>	83,34
6.2.4	Recomposição de paralelepípedos	m <sup>2</sup>	18,86
6.3.1	Recomposição de base de brita graduada	m <sup>3</sup>	77,63

(fonte: COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO, 2009)

Vale salientar que estes preços serão ajustados segundo a tabela do Sistema Nacional de Custos e Índices da Construção Civil – Sinapi –, na qual é apresentada a variação para execução de redes coletoras de esgoto sanitário entre os meses solicitados, com distância máxima de sessenta meses entre os projetos. A partir destes dados, será considerada uma largura média de repavimentação de 1,60m, baseada no gabarito atual aplicado pela Companhia Riograndense de Saneamento em suas obras. Como não existe levantamento real das ruas do município identificando seus tipos de pavimentação, será considerado que exista no local 80% de ruas com pavimento em paralelepípedo e 20% em ruas de asfalto. Deve ser lembrado também que será considerada uma espessura de 25 cm de base de brita graduada nas ruas com pavimentação asfáltica. Desta forma, obteve-se que a variação de preços para este período foi de 18,87%. Sendo assim, obteve-se o valor que deverá ser acrescido aos custos por metro de rede executada para este trabalho, definido em R\$ 73,85/m, já ajustado para o mês de janeiro de 2012, totalizando um acréscimo de 18,87% (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012).

Os demais custos do orçamento do PDES (FLORES DA CUNHA, 2004) serão ajustados comparando-se o valor do índice Sinapi-Brasil (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL, 2012), que no mês de outubro de 2004 (data do projeto base do orçamento) era de R\$ 496,94 com o valor atual (considerado janeiro de 2012) que é de R\$ 814,43. Desta forma, o orçamento receberá um aumento de 63,89% em seus custos de execução, operação e manutenção. No mesmo site da Caixa Econômica Federal (2012), demonstra-se que para o mesmo período, o

Índice Nacional de Custo da Construção (INCC) variou 62,71%, o que mostra que os dois índices estão bastante próximos, conferindo maior credibilidade à manobra de ajuste.

A partir destes dados, obteve-se a tabela 16, na qual são apresentados todos os custos referentes aos serviços que serão executados em Flores da Cunha, divididos por bacia, de forma que se permita manipular os dados e obter comparações econômicas para as duas alternativas de implantação do sistema.

Tabela 16 – Resumo de custos para implantação, operação e manutenção do sistema

<b>REDES COLETORAS DE ESGOTO SANITÁRIO</b>								
Bacia	Quantitativos (m)			Preços Unitários (R\$/m)			Custo das Redes (R\$)	Custo Operação e Manutenção (R\$/ano)
	150	200	250	150	200	250		
1	30660	2044	1362	463,72	512,38	576,02	16.049.534,42	447.289,12
2	845	94	0	463,72	512,38	576,02	440.008,15	12.329,14
3	693	77	0	463,72	512,38	576,02	360.812,06	10.110,16
4	2606	290	0	463,72	512,38	576,02	1.357.047,69	38.024,70
5	1202	134	0	463,72	512,38	576,02	626.051,82	17.541,78
6	3496	389	0	463,72	512,38	576,02	1.820.485,20	51.010,34
7	2372	263	0	463,72	512,38	576,02	1.234.702,67	34.597,75
				463,72	512,38	576,02		
8	244	27	0	463,72	512,38	576,02	126.982,24	3.558,25
9	321	36	0	463,72	512,38	576,02	167.300,19	4.687,44
10	931	104	0	463,72	512,38	576,02	485.011,97	13.589,63
11	189	21	0	463,72	512,38	576,02	98.403,29	2.757,32
<b>ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTO</b>								
Bacia	ETE previstas	Nome das ETE	Custo ETE (R\$)		Custo de Operação e Manutenção das ETE (R\$/hab.ano)			
1	1	Lagoa Bela	5.132.364,36		29,50			
2	-				29,50			
3	-				29,50			
4	-				29,50			
5	-				29,50			
6	-				29,50			
7	3	Pérola III - A e Pérola I-II	595.166,69		14,75			
		Pérola III - B	64.497,46		14,75			
8	1	Pérola III - D	53.072,20		14,75			
9	1	Pérola II	57.559,92		14,75			
10	1	Jardim São Pedro	170.935,60		14,75			
11	1	Pérola III - C	53.072,20		14,75			
<b>ESTAÇÕES DE BOMBEAMENTO DE ESGOTO</b>								
Bacia	EBE previstas	Serviço	Custo das Elevatórias e Linhas de Recalque (R\$)					
1	1	Conduzir esgoto até a ETE	434.390,45					
2	1	Conduzir esgoto até a bacia 1	10.816,74					
3	1	Conduzir esgoto até a bacia 2	16.225,11					
4	1	Conduzir esgoto até a bacia 3	137.012,04					
5	1	Conduzir esgoto até a bacia 4	25.239,06					
6	-	Inexiste	-					
7	2	Conduzir esgoto até a ETE	63.818,77					
	1	Conduzir esgoto até a ETE	16.225,11					
8	1	Conduzir esgoto até a ETE	26.591,33					
9	1	Conduzir esgoto até a ETE	16.225,11					
10	1	Conduzir esgoto até a ETE	27.041,85					
11	1	Conduzir esgoto até a ETE	16.225,11					

(fonte: elaborado pelo autor baseado em FLORES DA CUNHA, 2004)

Ainda deve-se analisar durante o comparativo econômico, a obtenção de recursos através do pagamento de taxas por parte da população pelo serviço prestado de coleta e tratamento de esgoto. Segundo a Companhia Riograndense de Saneamento (2012), a taxa básica da tarifa é

de R\$ 2,40/m<sup>3</sup> de esgoto coletado, sendo esta taxa válida a partir de julho de 2011. Sendo assim, deve-se proceder a correção para a data base do projeto, que é de outubro de 2004. Para isto, utilizou-se o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (IPCA), que se elevou em 40,75% neste período (PORTAL BRASIL, 2012). Desta forma, obtêm-se, para fins de comparativo, um custo ao consumidor de R\$ 1,71/m<sup>3</sup>. Para cálculo do volume de esgoto tratado e, por consequência, dos recursos obtidos pela gestora do sistema de esgotamento sanitário nos períodos do projeto, utilizou-se os valores apresentados na tabela 17.

Tabela 17 – Vazões médias de esgoto por bacia (L/s)

<b>Ano</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>TOTAL</b>
<b>2005</b>	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	20,00	22,00	<b>132,00</b>
<b>2006</b>	18,68	0,25	0,21	0,92	0,85	0,09	1,68	0,11	0,16	0,49	0,13	<b>23,57</b>
<b>2007</b>	19,46	0,26	0,22	0,96	0,89	0,09	1,75	0,11	0,17	0,51	0,14	<b>24,55</b>
<b>2008</b>	20,24	0,27	0,23	1,00	0,92	0,10	1,82	0,12	0,17	0,53	0,14	<b>25,54</b>
<b>2009</b>	21,02	0,28	0,24	1,03	0,96	0,10	1,89	0,12	0,18	0,55	0,15	<b>26,52</b>
<b>2010</b>	21,80	0,29	0,24	1,07	0,99	0,11	1,96	0,13	0,19	0,57	0,15	<b>27,51</b>
<b>2011</b>	22,58	0,31	0,25	1,11	1,03	0,11	2,03	0,13	0,19	0,59	0,16	<b>28,49</b>
<b>2012</b>	23,36	0,32	0,26	1,15	1,06	0,11	2,10	0,13	0,20	0,61	0,16	<b>29,47</b>
<b>2013</b>	24,14	0,33	0,27	1,19	1,10	0,12	2,17	0,14	0,21	0,63	0,17	<b>30,46</b>
<b>2014</b>	24,93	0,34	0,28	1,23	1,13	0,12	2,24	0,14	0,21	0,65	0,17	<b>31,44</b>
<b>2015</b>	25,71	0,35	0,29	1,26	1,17	0,13	2,31	0,15	0,22	0,67	0,18	<b>32,43</b>
<b>2016</b>	26,49	0,36	0,30	1,30	1,20	0,13	2,38	0,15	0,23	0,69	0,18	<b>33,41</b>
<b>2017</b>	27,27	0,37	0,30	1,34	1,24	0,14	2,45	0,16	0,23	0,71	0,19	<b>34,40</b>
<b>2018</b>	28,05	0,38	0,31	1,38	1,27	0,14	2,52	0,16	0,24	0,73	0,19	<b>35,38</b>
<b>2019</b>	28,83	0,39	0,32	1,42	1,31	0,14	2,59	0,16	0,25	0,75	0,20	<b>36,36</b>
<b>2020</b>	29,61	0,40	0,33	1,46	1,34	0,15	2,66	0,17	0,25	0,77	0,20	<b>37,35</b>
<b>2021</b>	30,39	0,42	0,34	1,49	1,38	0,15	2,73	0,17	0,26	0,80	0,21	<b>38,33</b>
<b>2022</b>	31,17	0,43	0,35	1,53	1,41	0,16	2,80	0,18	0,26	0,82	0,21	<b>39,32</b>
<b>2023</b>	31,95	0,44	0,36	1,57	1,45	0,16	2,87	0,18	0,27	0,84	0,22	<b>40,30</b>
<b>2024</b>	32,73	0,45	0,37	1,61	1,48	0,16	2,94	0,18	0,28	0,86	0,22	<b>41,28</b>
<b>2025</b>	33,51	0,46	0,37	1,65	1,52	0,17	3,01	0,19	0,28	0,88	0,23	<b>42,27</b>
<b>2026</b>	34,29	0,47	0,38	1,69	1,55	0,17	3,08	0,19	0,29	0,90	0,23	<b>43,25</b>
<b>2027</b>	35,07	0,48	0,39	1,72	1,59	0,18	3,15	0,20	0,30	0,92	0,24	<b>44,24</b>
<b>2028</b>	35,86	0,49	0,40	1,76	1,62	0,18	3,22	0,20	0,30	0,94	0,24	<b>45,22</b>
<b>2029</b>	36,64	0,50	0,41	1,80	1,66	0,19	3,29	0,21	0,31	0,96	0,25	<b>46,21</b>
<b>2030</b>	37,42	0,51	0,42	1,84	1,69	0,19	3,36	0,21	0,32	0,98	0,25	<b>47,19</b>
<b>2031</b>	38,20	0,53	0,43	1,88	1,73	0,19	3,43	0,21	0,32	1,00	0,26	<b>48,17</b>
<b>2032</b>	38,98	0,54	0,43	1,92	1,76	0,20	3,50	0,22	0,33	1,02	0,26	<b>49,16</b>
<b>2033</b>	39,76	0,55	0,44	1,95	1,80	0,20	3,57	0,22	0,34	1,04	0,27	<b>50,14</b>
<b>2034</b>	40,54	0,56	0,45	1,99	1,83	0,21	3,64	0,23	0,34	1,06	0,27	<b>51,13</b>

(fonte: elaborado pelo autor baseado em FLORES DA CUNHA, 2004)

A instalação de SES é sempre considerada um investimento, pois mesmo que a prerrogativa para sua instalação seja a melhoria da qualidade de vida da população, o responsável por fazê-la é sempre uma companhia, seja ela privada ou pública, que necessita apresentar prestação de seus balanços financeiros. Deste modo, neste item do trabalho, utiliza-se conceitos de matemática financeira para comparar as duas propostas aqui descritas. Segundo Dal Zot (2006, p. 141), “O objetivo principal da análise de investimentos é ajudar o empresário investidor a decidir entre alternativas de projetos de investimentos, no que se refere aos aspectos de rentabilidade ou remuneração do capital empregado.”. Para que se realize esta análise, optou-se pela utilização do conceito de valor presente líquido. Segundo este mesmo autor, o VPL utiliza-se de um fluxo de caixa para transformar todas as saídas e entradas do caixa em valores da presente data, reajustando-os conforme taxa de atratividade mínima, ou seja, o mínimo que o investidor ganharia fazendo esse mesmo investimento de outra maneira, geralmente considerando-se um investimento de menor risco. Para fins de cálculo, no presente trabalho considerou-se uma taxa de atratividade mínima equivalente ao rendimento dos títulos de Letras Financeiras do Tesouro que é um investimento em títulos públicos, de baixo risco e com rentabilidade indexada à taxa de juros da economia, que é a taxa Selic (BRASIL, 2012). Desta forma, Dal Zot (2006, p. 144) define matematicamente o VPL com a seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{R_j}{(1+tma)^j} \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

VPL = valor presente líquido;

j = período em questão;

R= soma de entradas e saídas de caixa no período j;

tma = taxa mínima de atratividade.

Ainda segundo Dal Zot (2006, p. 148), para que se proceda a comparação de dois investimentos, deve-se realizar o cálculo de cada um deles isoladamente e a partir daí, considera-se que aquele que possuir o maior VPL, é o mais rentável.

Sendo assim, nos itens a seguir, serão apresentados os resultados econômicos obtidos pelos dois modelos de implantação, o convencional, proposto pelo PDES (FLORES DA CUNHA, 2004) e o proposto por este trabalho, comparando-os através do VPL.

### **7.3.1 Implantação do sistema no modelo convencional**

Conforme descrito no PDES (FLORES DA CUNHA, 2004), a proposta de implantação do SES local é dividida em três etapas. A etapa 1 compreende os primeiros 7 anos de projeto e coloca em operação as bacias 1, 6, 7 (parcialmente) e 10. A etapa 2 compreende os 8 anos seguintes, realizando-se a complementação do SES da bacia 7 e a instalação do SES nas bacias 4, 8, 9 e 11. A etapa 3 ocorre nos 15 anos finais de projeto e realiza a execução do SES das bacias 2, 3 e 5, contemplando a totalidade da região urbana do município. Pode-se perceber que neste modelo de implantação, sempre que se deseja implantar o SES de alguma bacia, há a necessidade de execução de todos os elementos dela (redes, EBE e ETE), o que acaba por gerar uma elevada quantia de despesas num prazo curto. A tabela 18 apresenta o fluxo de caixa para os 30 anos deste projeto.

Tabela 18 – Fluxo de caixa para projeto convencional

Ano	Etapa	População Total	População Atendida	Vazão Atendida L/s	Despesas Totais	Arrecadação do Tratamento de Esgoto	Resultado
2005	1	11.638	-	<b>23,57</b>	25.788.946,59	-	- 25.141.562,23
2006		12.124	9.929	<b>24,55</b>	2.340.816,19	1.084.338,28	243.207,01
2007		12.610	10.327	<b>25,54</b>	2.365.353,00	1.127.799,04	274.856,49
2008		13.096	10.725	<b>26,52</b>	2.389.889,82	1.171.259,79	306.505,98
2009		13.582	11.123	<b>27,51</b>	2.414.426,63	1.214.720,54	338.155,46
2010		14.068	11.521	<b>28,49</b>	2.438.963,45	1.258.181,30	369.804,94
2011		14.554	11.919	<b>29,47</b>	2.463.500,27	1.301.642,05	401.454,43
2012	2	15.040	13.253	<b>30,46</b>	5.550.140,71	1.447.328,41	- 2.526.774,11
2013		15.526	14.759	<b>31,44</b>	2.665.836,44	1.611.854,64	611.952,38
2014		16.012	15.221	<b>32,43</b>	2.692.102,80	1.662.305,20	649.743,79
2015		16.498	15.683	<b>33,41</b>	2.718.369,16	1.712.755,76	687.535,21
2016		16.984	16.145	<b>34,40</b>	2.744.635,52	1.763.206,32	725.326,62
2017		17.470	16.607	<b>35,38</b>	2.770.901,88	1.813.656,88	763.118,04
2018		17.956	17.069	<b>36,36</b>	2.797.168,24	1.864.107,44	800.909,45
2019		18.442	17.531	<b>37,35</b>	2.823.434,60	1.914.558,00	838.700,87
2020	3	18.929	17.994	<b>38,33</b>	4.328.853,91	1.965.008,56	- 602.660,66
2021		19.415	19.415	<b>39,32</b>	3.013.469,86	2.120.187,79	950.740,59
2022		19.901	19.901	<b>40,30</b>	3.041.176,24	2.173.258,96	990.444,61
2023		20.387	20.387	<b>41,28</b>	3.068.882,61	2.226.330,14	1.030.148,64
2024		20.873	20.873	<b>42,27</b>	3.096.588,98	2.279.401,31	1.069.852,66
2025		21.359	21.359	<b>43,25</b>	3.124.295,35	2.332.472,48	1.109.556,68
2026		21.845	21.845	<b>44,24</b>	3.152.001,72	2.385.543,66	1.149.260,70
2027		22.331	22.331	<b>45,22</b>	3.179.708,09	2.438.614,83	1.188.964,73
2028		22.817	22.817	<b>46,21</b>	3.207.414,46	2.491.686,00	1.228.668,75
2029		23.303	23.303	<b>47,19</b>	3.235.120,83	2.544.757,18	1.268.372,77
2030		23.789	23.789	<b>48,17</b>	3.262.827,20	2.597.828,35	1.308.076,79
2031		24.275	24.275	<b>49,16</b>	3.290.533,57	2.650.899,52	1.347.780,81
2032		24.761	24.761	<b>50,14</b>	3.318.239,94	2.703.970,70	1.387.484,84
2033		25.247	25.247	<b>51,13</b>	3.345.946,32	2.757.041,87	1.427.188,86
2034	25.733	25.733	<b>52,11</b>	3.373.652,69	2.810.113,04	1.466.892,88	

(fonte: elaborado pelo autor)

### **7.3.2 Implantação do sistema no modelo proposto**

Conforme apresentado no período anterior, neste trabalho realizou-se a proposição de uma nova abordagem para os gastos com a execução das obras visando benefícios de financeiros, ambientais e também técnicos. Deste modo, para que se possa realizar um comparativo, optou-se por implantar a totalidade da rede no mesmo período proposto pelo PDES de Flores da Cunha, de forma que em qualquer período, a população atendida pela proposta fosse igual ou superior à do PDES. Sendo assim, optou-se por utilizar num primeiro momento o sistema unitário nas bacias 1 e 6, procedendo-se na sequência, a instalação do sistema das demais bacias, adotando-se como prioridade aquelas mais populosas. Deste modo, elaborou-se a manipulação dos dados já apresentados neste trabalho e definiu-se um fluxo de caixa do projeto, apresentado na tabela 19, que apresenta claramente uma postergação nos investimentos necessários, sem apresentar redução no percentual da população atendida pelo sistema.

Tabela 19 – Fluxo de caixa para proposta deste trabalho

Ano	Etapa	População Total (hab)	População Atendida (hab)	Vazão Atendida (L/s)	Despesas Totais (R\$)	Arrecadação do Tratamento de Esgoto (R\$)	Resultado (R\$)
2005	1	11.638	1.660	<b>23,57</b>	9.854.505,04	-	- 8.600.834,79
2006		12.124	10.207	<b>24,55</b>	2.415.595,05	1.114.714,97	236.333,34
2007		12.610	10.616	<b>25,54</b>	2.441.170,43	1.159.391,90	268.685,29
2008		13.096	11.025	<b>26,52</b>	2.466.745,80	1.204.068,83	301.037,23
2009		13.582	11.434	<b>27,51</b>	2.492.321,17	1.248.745,76	333.389,18
2010		14.068	11.843	<b>28,49</b>	2.517.896,55	1.293.422,69	365.741,13
2011		14.554	12.252	<b>29,47</b>	2.543.471,92	1.338.099,62	398.093,08
2012		15.040	13.598	<b>30,46</b>	2.569.047,30	1.485.002,15	532.670,64
2013		2	15.526	14.903	<b>31,44</b>	4.031.286,96	1.627.505,51
2014	16.012		15.369	<b>32,43</b>	2.723.835,89	1.678.438,02	650.083,93
2015	16.498		15.835	<b>33,41</b>	2.750.665,14	1.729.370,53	688.078,06
2016	16.984		16.302	<b>34,40</b>	2.777.494,38	1.780.303,04	726.072,19
2017	17.470		16.768	<b>35,38</b>	2.804.323,62	1.831.235,55	764.066,32
2018	17.956		17.235	<b>36,36</b>	2.831.152,87	1.882.168,06	802.060,45
2019	18.442		17.701	<b>37,35</b>	2.857.982,11	1.933.100,57	840.054,58
2020	18.929		18.168	<b>38,33</b>	2.884.811,36	1.984.033,09	878.048,71
2021	3		19.415	19.415	<b>39,32</b>	4.456.763,51	2.120.187,79
2022		19.901	19.901	<b>40,30</b>	3.041.176,24	2.173.258,96	990.444,61
2023	4	20.387	20.387	<b>41,28</b>	21.373.292,67	2.226.330,14	- 17.274.261,43
2024		20.873	20.873	<b>42,27</b>	3.096.588,98	2.279.401,31	1.069.852,66
2025		21.359	21.359	<b>43,25</b>	3.124.295,35	2.332.472,48	1.109.556,68
2026		21.845	21.845	<b>44,24</b>	3.152.001,72	2.385.543,66	1.149.260,70
2027		22.331	22.331	<b>45,22</b>	3.179.708,09	2.438.614,83	1.188.964,73
2028		22.817	22.817	<b>46,21</b>	3.207.414,46	2.491.686,00	1.228.668,75
2029		23.303	23.303	<b>47,19</b>	3.235.120,83	2.544.757,18	1.268.372,77
2030		23.789	23.789	<b>48,17</b>	3.262.827,20	2.597.828,35	1.308.076,79
2031		24.275	24.275	<b>49,16</b>	3.290.533,57	2.650.899,52	1.347.780,81
2032		24.761	24.761	<b>50,14</b>	3.318.239,94	2.703.970,70	1.387.484,84
2033		25.247	25.247	<b>51,13</b>	3.345.946,32	2.757.041,87	1.427.188,86
2034		25.733	25.733	<b>52,11</b>	3.373.652,69	2.810.113,04	1.466.892,88

(fonte: elaborado pelo autor)

### 7.3.3 Comparação econômica de projetos

Conforme modelos previstos de implantação do SES para o município de Flores da Cunha, elaborou-se um comparativo utilizando o conceito de Valor Presente Líquido. Para realizar este cálculo, adotou-se como valor da tma, o valor da taxa Selic, que entrou em vigor na data de 18 de abril, fixada em 9,00% pelo Banco Central do Brasil (2012). Analisando-se o fluxo de caixa gerado por cada uma das propostas e aplicando-se a fórmula para o cálculo do VPL, chegou-se aos resultados apresentados na tabela 20.

Tabela 20 – Análise de VPL

<b>Sistema Considerado</b>	<b>VPL</b>
<b>Sistema Convencional</b>	-20.849.591,79
<b>Sistema com adequação gradual</b>	-7.164.188,64

(fonte: elaborado pelo autor)

Deste modo, percebe-se que o sistema de implantação proposto neste trabalho apresenta um valor maior de seu VPL, o que o torna mais recomendado, embora ambos sejam negativos, pois este representaria um menor prejuízo em relação ao investimento utilizado como base na tma. Deve-se ressaltar que investimentos deste tipo não necessariamente devem apresentar rentabilidades semelhantes a outros modelos de aplicação, pois trata-se da construção de serviços de utilidade pública e seus ganhos vão muito além das questões financeiras, podendo causar redução de despesas com saúde pública, entre outros. A própria questão da despoluição de recursos hídricos gera riquezas de tipos diversos, isso sem contar os ganhos ambientais, de difícil mensuração.

## 8 CONCLUSÕES

A realidade financeira do País vem permitindo que esforços sejam dispendidos visando a implantação de sistemas de saneamento. Estas melhorias possuem reflexos diretos no meio ambiente e na saúde da população. Contudo, deve-se ter um cuidado especial ao lidar com os escassos recursos públicos, de modo a privilegiar opções que tragam maiores retornos com menores custos. Dentro deste conceito a opção pelo manejo de águas pluviais e esgotos sanitários em sistemas unitários, seguido de uma adaptação gradual do sistema para o tipo separador absoluto é coerente, a partir do momento que este traz uma melhoria significativa dos recursos hídricos da região, que é obtida utilizando-se muito menos recursos devido à adaptação gradual do sistema, em comparação ao que seria necessário no modelo convencional. Outro ponto a ser ressaltado é a questão das interconexões entre redes, que geram grandes problemas de poluição e que são favorecidas em propostas como a deste trabalho, através de um cenário transitório que propicia um melhor gerenciamento deste problema. A inexistência de infraestrutura e a escassez de recursos públicos leva à consideração de diversos cenários distintos da idealização dos projetos de saneamento, embora ainda considere-se que sistemas do tipo separador absoluto sejam as condições ideais buscadas. A partir deste ponto pode-se considerar diversas opções para atenuar os problemas ambientais gerados pela urbanização das cidades, podendo-se considerar a utilização de redes pluviais de forma parcial ou integral para recebimento de esgotos domésticos e industriais.

A utilização contínua de sistemas mistos em diversos países da América do Norte e Europa é evidência clara de que há como viabilizar o tratamento destes efluentes. Os esquemas propostos por este trabalho ainda apresentam formas simplificadas de desenvolvimento, com aplicação restrita e bastante complexa. Existem, ainda, diversas limitações impostas pelo modo que são dimensionados os sistemas que se baseiam em redes de coleta do tipo separadora absoluta. Estas limitações atingem principalmente as ETE, que passam a se deparar com parâmetros de entrada bastante variáveis, desde os níveis de cargas orgânicas, até a própria vazão afluente a elas. Dito isto, deve-se ater especial atenção para a determinação destes parâmetros de operação para que se permita o correto dimensionamento destas unidades. De forma simplificada, pode-se definir estas questões em duas principais: o controle da carga hidráulica afluente às ETE, através de estruturas de regulação e desvio, e o controle

dos parâmetros biológicos do afluente na operação do sistema, de modo a permitir a manutenção dos mecanismos biológicos de tratamento. Pode-se citar ainda que, ao longo deste trabalho evidenciou-se a inexistência de normas e regulamentações para a condução e tratamento de esgotos do tipo combinado de origem brasileira. Normas internacionais podem e devem ser utilizadas como base para a adoção destes sistemas aqui no Brasil, porém, deve-se proceder uma intensificação de estudos que viabilizem a criação de regulamentações técnicas nacionais, pois as situações encontradas em diferentes países influenciam diretamente nas situações de contorno abordadas por cada projeto. Inclusive, existem no Brasil alguns exemplos de ETE que já realizam estas operações e podem ser uma grande ferramenta de auxílio para obtenção de dados em escala real do manejo de unidades deste tipo.

## REFERÊNCIAS

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

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico de taxas de juros**. Histórico das taxas de juros fixadas pelo Copom e evolução da taxa Selic. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?COPOMJUROS>>. Acesso em: 9 maio 2012.

BENETTI, A. D. Saneamento e a saúde pública. **Jornal da Universidade**, Porto Alegre, v. 12, n. 117, p. 4, abr./maio 2009. Caderno de Debates.

BENETTI, A. D.; GEHLING, G. R.; DEUS, A. B. S.; EKMAN, M. C. S. Problemas Associados às Interconexões Entre as Redes de Águas Pluviais de Esgotos Sanitários. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO SUL, 1, 2005, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria, ABRH, 2005, p. 1-15.

BENETTI, A. D.; GEHLING, G. R. Sistema Combinado de Esgotos: possibilidades e limitações em sua utilização. In: ASSEMBLÉIA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS SERVIÇOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO, 34., 2004, Caxias do Sul. **Anais...** Brasília: ASSEMAE, 2004, p. 1-20.

BERNARDES, R. S.; SOARES, S. R. A. **Esgotos combinados e controle da poluição: estratégias para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais**. 1. ed. Brasília: Caixa Econômica Federal, 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional da Saúde. **Orientações Técnicas para Apresentação de Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário**. Brasília, 2002.

Disponível em:

<[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/orienta\\_projetos\\_esgoto.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/orienta_projetos_esgoto.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2011.

\_\_\_\_\_. Lei Federal n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Estabelece diretrizes básicas para o saneamento. Brasília, 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério da Fazenda. Tesouro Nacional. **Perfil do Investimento**. Brasília, 2012.

Disponível em: <[http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro\\_direto/perfil\\_investimento.asp](http://www.tesouro.fazenda.gov.br/tesouro_direto/perfil_investimento.asp)>. Acesso em: 9 maio 2012.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Apresenta variações de indicadores de custos para projetos de construção civil. Brasília, 2012. Disponível em:

<[http://www1.caixa.gov.br/gov/gov\\_social/municipal/programa\\_des\\_urbano/SINAPI/servicos\\_online.asp](http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/servicos_online.asp)>. Acesso em: 14 abr. 2012.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Sistema Tarifário**. Porto Alegre, 2012. Disponível em: <<http://www.corsan.com.br/node/18>>. Acesso em: 9 maio 2012.

D'ALASCIO, S. Z.; EMMENDOERFER, M. L.; SOLERA, M. C. C. **CaixaEcológica**. Disponível em: <<http://www.caixaecologica.com.br/index.htm>>. Acesso em: 19 abr. 2012.

DAL ZOT, W. **Matemática financeira**. 4. ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

FLORES DA CUNHA. **Plano Diretor de Esgotos Sanitários**. Flores da Cunha, 2004.

FUNDAÇÃO DE ECONOMIA E ESTATÍSTICA [Rio Grande do Sul]. **Resumo Estatístico do Município de Flores da Cunha**. Disponível em: <[http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg\\_municipios\\_detalhe.php?municipio=Flores+da+Cunha](http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Flores+da+Cunha)>. Acesso em: 14 mar. 2012.

GEHLING, G. R.; BENETTI, A. D. Aceitabilidade de Sistema Combinado de Esgotos Sanitários em Planos Diretores de Esgotamento Sanitário. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005, p. 1-12.

ORSINI, L. F. Sistemas Integrados de Águas Pluviais e Esgotos Sanitários. In: WORKSHOP DE SISTEMAS INTEGRADOS DE ÁGUAS PLUVIAIS E ESGOTOS SANITÁRIOS, 1., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FCTH, 2011, p. 1-8.

PORTAL BRASIL. **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo**. Disponível em: <<http://www.portalbrasil.net/ipca.htm>>. Acesso em: 9 maio 2012.

RIGHETTO, A. M.; POVINELLI, J.; ANDRADE NETO, C. O.; PINTO, D. L.; MONTENEGRO, M. H.; BONDAROVSKY, S. H.; CLAPER, J.; CASSIS, L. C.; MACHADO, A. V.; SILVA, A. M. B.; FIGUEIREDO, C. M. P. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Decreto n. 245**, de 20 agosto de 2010. Dispõe sobre a fixação de procedimentos para o licenciamento de sistemas de esgotamento sanitário, considerando etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões de emissão e os padrões das classes dos corpos hídricos receptores, em conformidade com os planos de saneamento e de recursos hídricos. Porto Alegre, RS, 2010. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br/upload/Resolucao%20CONSEMA%20245-2010.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2011.

WITTLER, H. **Esgoto pluvial sem cheiro: caixa ecológica**. Viamão, 2012. Disponível em: <[http://www.hploco.com/letra\\_w/wittler/](http://www.hploco.com/letra_w/wittler/)>. Acesso em: 19 abr. 2012.

TCHOBANOGLIOUS, G.; BURTON, F. L. Metcalf e Eddy, Inc. **Wastewater engineering: treatment, disposal, reuse**. 3rd., ed. New York: McGraw-Hill, 1991.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2. ed. São Paulo: Winner Graph, 2000.