



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS E ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

HENRIQUE SCALCO FRANKE

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE –
TRATAMENTO COM TANQUE SÉPTICO MAIS FILTRO ANAERÓBIO DE
FLUXO ASCENDENTE**

Porto Alegre

dezembro 2012

HENRIQUE SCALCO FRANKE

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE –
TRATAMENTO COM TANQUE SÉPTICO MAIS FILTRO ANAERÓBIO DE
FLUXO ASCENDENTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO
APRESENTADO AO CURSO DE
ENGENHARIA AMBIENTAL DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
DO SUL COMO PARTE DOS REQUISITOS
PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO AMBIENTAL.

Orientador: Prof. Dr. Dieter Wartchow

Porto Alegre

dezembro 2012

**ANÁLISE DE IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE –
TRATAMENTO COM TANQUE SÉPTICO MAIS FILTRO ANAERÓBIO DE
FLUXO ASCENDENTE**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado pela Comissão avaliadora constituída.

18 de dezembro de 2012

BANCA EXAMINADORA:

.....
Prof. Dr. Dieter Wartchow - Orientador
Doutor em Saneamento Ambiental

.....
Msc. André Granzotto Gewehr
Mestre em Saneamento Ambiental

.....
Eng^a Mariângela Laydner
Engenheira Civil

Dedico este trabalho a meus pais, Cláudio e Marisete,
que priorizaram minha educação e sempre me apoiaram,
incentivando e criticando sempre que entenderam
necessário.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Dr. Dieter Wartchow, orientador deste trabalho, pela dedicação e paciência, pelas opiniões críticas e construtivas e por acreditar na proposta realizada.

Agradeço aos docentes do curso de Engenharia Ambiental, pelo conhecimento passado e, especialmente, pela visão crítica, incentivando o debate na construção do saber.

Agradeço, na pessoa da Eng^a Mariângela Laydner, àqueles que foram meus tutores nos estágios realizados, ensinando que a engenharia vai além da academia e que seu exercício pode ser gratificante.

Agradeço aos colegas, os formados, os formandos e os em formação, pela troca de experiências e oportunidade de convivência ao longo da graduação.

Agradeço, na pessoa do Pref. Renato Nedel, à Prefeitura Municipal de Campina das Missões, pela disponibilidade e atenção na troca de informações e experiências ao longo deste trabalho.

Agradeço aos meus pais Cláudio e Marisete e à meus irmãos Bruno, Cláudia e Joana, pela compreensão e companheirismo ao longo de toda vida, e, em especial, ao longo destes seis anos de graduação.

Agradeço aos amigos pelo companheirismo e amizade, em especial pelos bons momentos passados juntos.

Agradeço à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade disponibilizada, pela maestria ao buscar oferecer um ensino público, gratuito e de inegável qualidade, proporcionando-me especializar, mas, além disso, proporcionando-me tornar melhor cidadão.

O destino de alguém nunca é um lugar, e
sim uma nova forma de olhar as coisas.

Henry Miller (1957)

RESUMO

FRANKE, H. S. Análise de Sistemas Simplificados de Esgotamento Sanitário para Municípios de Pequeno Porte. 2012. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de verificar a viabilidade técnica de implantação de sistemas simplificados e descentralizados de tratamento de esgotos sanitários, constituídos de tanque séptico do tipo Imhoff seguido de filtro anaeróbio para municípios de pequeno porte, com menos de cinco mil habitantes. Com este estudo espera-se demonstrar a capacidade de sistemas de menor custo atender de forma satisfatória estes municípios, que representam aproximadamente 65% dos municípios gaúchos e apenas 6,18% da população urbana do Rio Grande do Sul. Realizando-se três estudos de caso para municípios de pequeno porte (Arroio do Padre, Alegria e Barracão) através da adoção de valores de eficiência retirados da bibliografia, e a partir da análise dos dados operacionais de um sistema existente nesta concepção (Campina das Missões) concluiu-se a cerca da capacidade de sistemas descentralizados atenderem satisfatoriamente a legislação ambiental vigente. Porém, verificou-se a necessidade de um efetivo controle operacional destes sistemas para o alcance das eficiências previstas.

Palavras-chave: esgotamento sanitário, sistemas simplificados de tratamento, municípios de pequeno porte

ABSTRACT

This research was developed to verify the technical viability of non-centralized and simple systems of wastewater treatment, based on Imhoff tank and anaerobic filter for municipalities with less than five thousand inhabitants. With it, there is hope to show the simplified systems capacity to well attend this towns, that represent about 65% of Rio Grande do Sul municipalities and only 6,18% of urban population of it. Based in three case studies for smaller municipalities (Arroio do Padre, Alegria e Barracão), this article adopts efficiency values obtained in the bibliography and is, as well, helped by the operational data of an existing system with the same method (Campina das Missões), therefore it is conclusive about the capacity of non-centralized and simple systems to be in agreement and to attend the environmental laws. Nonetheless, it was verified the need of an effective operational control of these systems in order to achieve the aforementioned efficiency.

Key-words: wastewatering, simple treatment system, smaller municipalities

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Legislação ambiental vigente no RS	21
Figura 2: Fluxograma de Sistemas de Tratamento de Esgotos	34
Figura 3: Fluxograma do Tratamento Preliminar.....	35
Figura 4: Exemplo de Tanque Séptico.....	36
Figura 5: Localização de Arroio do Padre.....	45
Figura 6: Mapa Hidrográfico do Estado do RS, com destaque das bacias Mirim - São Gonçalo e Camaquã.....	46
Figura 7: Localização de Alegria.....	49
Figura 8: Foto aérea da área urbana de Alegria.....	49
Figura 9: Mapa Hidrográfico do Estado do RS, com destaque da bacia do Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo.....	50
Figura 10: Histórico de internações por DDA.....	52
Figura 11: Figura 5: Localização de Barracão	54
Figura 12: Foto aérea da área urbana de Barracão (cedida pelo município)	54
Figura 13: Mapa Hidrográfico do Estado do RS, com destaque da bacia do Apuaê-Inhandava..	55
Figura 14: Histórico de internações por DDA.....	57
Figura 15: Divisão de Bacias de Arroio do Padre	63
Figura 16: Divisão de Bacias de Alegria.....	64
Figura 17: Divisão de Bacias de Barracão	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Padrões de qualidade d'água para águas doces.....	25
Tabela 2: Padrões de lançamento conforme faixas de vazão.....	27
Tabela 3: Padrões de lançamento para Fósforo e Coliformes Termotolerantes.....	27
Tabela 4: Valores de referência para consumo per capita de água.....	29
Tabela 5: Características típicas de esgotos domésticos	32
Tabela 6: Carga afluyente per capita adotada.....	33
Tabela 7: Eficiências dos Principais Sistemas de Tratamento	42
Tabela 8: Eficiências de Remoção Adotadas	43
Tabela 9: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE - 2009	46
Tabela 10: Resumos dos serviços de abastecimento de água	47
Tabela 11: Destino dos esgotos sanitários no município	48
Tabela 12: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE - 2009	51
Tabela 13: Destino dos esgotos sanitários no município	52
Tabela 14: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE - 2009	56
Tabela 15: Destino dos esgotos sanitários no município	57
Tabela 16: Projeção populacional de Arroio do Padre	59
Tabela 17: Projeção populacional de Alegria.....	60
Tabela 18: Projeção populacional de Barracão.....	61
Tabela 19: População por bacia hidrossanitária – Arroio do Padre	62
Tabela 20: População por bacia hidrossanitária – Alegria.....	64
Tabela 21: População por bacia hidrossanitária – Barracão.....	66
Tabela 22: Vazões efluentes – Arroio do Padre.....	66
Tabela 23: Carga poluente efluente – Arroio do Padre	67
Tabela 24: Carga poluente efluente – Arroio do Padre (Continuação).....	67
Tabela 25: Vazões efluentes – Alegria.....	67
Tabela 26: Carga poluente efluente – Alegria	67
Tabela 27: Carga poluente efluente – Alegria (Continuação).....	68

Tabela 28: Vazões efluentes – Barracão	68
Tabela 29: Carga poluente efluente – Barracão	68
Tabela 30: Carga poluente efluente – Barracão (Continuação)	69
Tabela 31: Efluente tratado – Arroio do Padre	69
Tabela 32: Efluente Tratado – Arroio do Padre (Continuação)	70
Tabela 33: Área estimada para o(s) sistema(s) de tratamento – Arroio do Padre	71
Tabela 34: Efluente tratado – Alegria	71
Tabela 35: Efluente Tratado – Alegria (Continuação)	72
Tabela 36: Área estimada para o(s) sistema(s) de tratamento – Alegria	73
Tabela 37: Efluente tratado – Barracão	73
Tabela 38: Efluente Tratado – Barracão (Continuação)	73
Tabela 39: Área estimada para o(s) sistema(s) de tratamento – Barracão	75
Tabela 40: Atendimento à CONSEMA 128/2006	76
Tabela 41: Análises dos Efluentes Brutos do SES de Campina das Missões	79
Tabela 42: Análises dos Efluentes Tratados do SES de Campina das Missões	80
Tabela 43: Eficiência do SES de Campina das Missões	81

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA - Agência Nacional de Águas

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DBO_u - Demanda Bioquímica de Oxigênio Última

FEE - Fundação de Economia e Estatística – RS

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Henrique Roessler /RS

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDESE - Índice de Desenvolvimento Econômico

OD - Oxigênio Dissolvido

PAC - Programa de Aceleração do Crescimento

PIB - Produto Interno Bruto

PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico

SES - Sistema de Esgotamento Sanitário

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. DIRETRIZES DE PESQUISA	17
2.1. JUSTIFICATIVA.....	17
2.2. QUESTÃO DE PESQUISA	18
2.3. OBJETIVOS	18
2.3.1. Objetivos Gerais.....	18
2.3.2. Objetivos Específicos	19
2.4. PREMISSA	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1. LEGISLAÇÃO	20
3.1.1. Lei Federal 11.445/2007	21
3.1.2. Lei Estadual 12.037/2003.....	23
3.1.3. CONAMA 357/2005	24
3.1.3.1. Classificação e Enquadramento dos Corpos d'Água	24
3.1.3.2. Padrões de Lançamento de Efluentes.....	26
3.1.4. CONSEMA 128/2006.....	26
3.1.5. CONSEMA 245/2010	28
3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS	28
3.2.1. Consumo de Água e Vazão Doméstica de Esgotos.....	29
3.2.2. Vazões de Projeto.....	30
3.2.2.1. Vazão Média de Esgotos	30
3.2.2.2. Vazões Máxima e Mínima de Esgotos	30
3.2.2.3. Vazão de Infiltração	31
3.2.3. Parâmetros de Qualidade de Água.....	32
3.3. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....	33
3.3.1. Sistemas Tradicionais de Tratamento	33
3.3.1.1. Tratamento Preliminar	34
3.3.1.2. Tratamento Primário.....	35
3.3.1.3. Tratamento Secundário	36
3.3.1.4. Tratamento Terciário.....	39
3.3.2. Sistema Simplificado de Tratamento – Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio	40
3.3.2.1. Tanque Séptico	40
3.3.2.2. Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente	40
3.3.2.3. Pré-Dimensionamento	41
3.3.2.4. Tratamento de Lodo.....	41
3.3.3. Eficiências de Tratamento de Esgotos	42

4. METODOLOGIA E RESULTADOS PRELIMINARES	44
4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS	44
4.1.1. Arroio do Padre	44
4.1.1.1. Características Físicas	45
4.1.1.2. Características Econômicas	46
4.1.1.3. Condições Sanitárias	47
4.1.2. Alegria	48
4.1.2.1. Características Físicas	50
4.1.2.2. Características Econômicas	51
4.1.2.3. Condições Sanitárias	51
4.1.3. Barracão	53
4.1.3.1. Características Físicas	55
4.1.3.2. Características Econômicas	56
4.1.3.3. Condições Sanitárias	56
4.2. PROJEÇÃO POPULACIONAL	58
4.2.1. Arroio do Padre	59
4.2.2. Alegria	60
4.2.3. Barracão	60
4.3. BACIAS HIDROSSANITÁRIAS	61
4.3.1. Arroio do Padre	62
4.3.2. Alegria	63
4.3.3. Barracão	64
4.4. VAZÕES E CARGAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS	66
4.4.1. Arroio do Padre	66
4.4.2. Alegria	67
4.4.3. Barracão	68
4.5. SISTEMA DE TRATAMENTO E EFLUENTE FINAL	69
4.5.1. Arroio do Padre	69
4.5.2. Alegria	71
4.5.3. Barracão	73
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	76
6. CASO PRÁTICO – EXPERIÊNCIA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA DAS MISSÕES	78
7. CONCLUSÃO	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXO I – Descrição dos Parâmetros de Caracterização de Esgotos Sanitários	89
ANEXO II – Metodologia de Projeção Populacional	94

1. INTRODUÇÃO

A conservação do meio ambiente, assim como a necessidade de adoção de políticas sustentáveis de desenvolvimento é consenso da população mundial, como expresso no documento final da última Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável (RIO+20), realizada em junho do corrente ano. Da mesma forma, a conferência reafirmou a necessidade de se desenvolver de forma sustentável tanto ambientalmente quanto socialmente e economicamente.

Também é de conhecimento consolidado a íntima relação existente entre saúde pública e saneamento básico, sendo hoje os sistemas de saneamento uma das mais importantes ferramentas de gestão pública de saúde, enquanto ação preventiva. De forma mais específica citamos a importância do correto tratamento e destinação final dos efluentes domésticos, dada a enorme gama de doenças de vinculação hídrica relacionadas à disposição incorreta de esgotos sanitários. E, como ferramenta para implantação destas políticas públicas, encontra-se em elaboração o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (BRASIL, 2011).

Aliando-se estes dois importantes conceitos e adotando-os na implantação de políticas públicas de investimento em infraestrutura, a fim de melhorar os índices de qualidade de vida, assim como os de qualidade do meio ambiente, além de atender as metas planejadas, encontra-se em aplicação hoje no Brasil um dos mais importantes programas de investimento, a nível federal, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). Com o objetivo de ampliação e modernização de diversas áreas de importância estratégica ao desenvolvimento do país, dentre as quais o Saneamento Básico, este programa tem destinado significativos montantes de dinheiro nunca antes aplicados para a ampliação e universalização dos serviços de coleta e tratamento de esgotos sanitários, tendo previsto apenas para o período compreendido entre 2011 e 2014 o aporte de 36,1 bilhões de reais para municípios com até 50.000 habitantes em todo país (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2012).

Porém, os atuais índices de atendimento por esgotamento sanitário no Brasil são extremamente baixos, sendo que dos 5.565 municípios brasileiros, apenas 1.142 possuem atendimento por sistema de esgotamento sanitário, dos quais apenas 46,7% da população urbana possui atendimento por coleta de esgoto e apenas 37,7% do esgoto gerado é tratado,

segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2010). Somando-se a isto o fato de que sistemas de esgotamento sanitário são de custo elevado para implantação e operação, e de que a maior parte dos municípios não dispõe de estrutura técnica e financeira adequada para a implantação e operação destes sistemas, encontram-se frente a uma realidade a ser discutida e observada no planejamento das ações: a sustentabilidade financeira da implantação e operação dos SES em municípios de pequeno porte e a capacidade econômica de universalização dos serviços de esgotamento sanitário em curto prazo. Os investimentos para que estes serviços sejam proporcionados a toda a população, de todos os municípios, é extremamente alta, na casa de bilhões de reais, e a implantação dos mesmos nos modelos ditos tradicionais pode vir a comprometer o orçamento público destes pequenos municípios. Ou seja, demanda-se o estudo de opções técnicas alternativas para a implantação de sistemas de esgotamento sanitário em municípios de pequeno porte, com baixo potencial poluidor e de economia deficitária.

Sendo assim, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), vinculada ao Ministério da Saúde, assumiu a responsabilidade de orientar e financiar, através de recursos federais, os investimentos em saneamento para os municípios com população inferior a 50.000 habitantes no Brasil. Para isso tem desenvolvido ações e programas de financiamento específicos a cada um dos eixos do saneamento, procurando adequar as normativas e diretrizes às características de municípios deste porte. Porém, no ímpeto de padronizarem-se os processos e, desta forma, agilizar a aprovação de projetos e financiamentos, acabou-se por não discutir as particularidades dos diferentes municípios englobados nestas políticas, e fazendo com que a adoção de soluções inovadoras e/ou diferenciadas fosse negligenciada, apesar dos esforços investidos na promoção de encontros para troca de experiências e ações de incentivo a pesquisa.

Além disso, observa-se que, na ambição de aprimorar os mecanismos de controle e priorizar a proteção ao ambiente natural, desenvolveram-se normativas extremamente rigorosas para o tratamento e destinação de efluentes, como a Resolução n. 128 de 2006 (RIO GRANDE DO SUL, 2006) do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA). As quais têm levado os órgãos ambientais a rechaçar metodologias simplificadas, e de baixo custo, para situações particulares em que os sistemas tradicionais de esgotamento não são economicamente sustentáveis e demandam o investimento constante de recursos públicos, inclusive durante a fase de operação.

A fim de otimizar o investimento dos recursos, proporcionar a independência técnico-econômica dos municípios de pequeno porte e viabilizar a universalização dos serviços, sem

onerar o contribuinte, mantendo-se a preocupação com a preservação ambiental e da saúde da população, pretende-se com este trabalho, demonstrar a viabilidade técnica de sistemas de tratamento simplificados já existentes, porém menosprezados, e muitas vezes, rechaçados pelos órgãos ambientais licenciadores.

2. DIRETRIZES DE PESQUISA

2.1.JUSTIFICATIVA

Considerando:

- a) que os sistemas de tratamento de esgotos foram desenvolvidos, e são projetados, para operar em faixas determinadas de esgoto sanitário, exigindo muitas vezes contribuições mínimas para operar em condições ótimas, e atingir níveis satisfatórios de tratamento;
- b) que sistemas implantados de forma parcial acabam por punir aos cidadãos que estão ligados a rede coletora através da tarifação, da qual ficam dispensados aqueles que não enviam seus efluentes à tratamento;
- c) que sistemas tradicionais de esgotamento sanitário demandam elevados investimentos iniciais, elevados custos de operação, e também demandam mão de obra especializada para a operação das diferentes unidades que os compõem;
- d) que a Lei 11.445 (BRASIL, 2007) tem como um dos seus princípios fundamentais considerar a capacidade de pagamento da população quando da implantação de serviços de saneamento; e
- e) que, segundo informações do Censo 2010 (IBGE, 2010), 23,59% dos municípios gaúchos possuem população urbana inferior a 1.000 habitantes, e 64,52% possuem população urbana inferior a 5.000 habitantes; e considerando que essas frações correspondem, respectivamente, a apenas 0,82% e 6,18% da população urbana total do estado; o que torna explícito que municípios de pequeno porte, de população inferior a 5.000 habitantes, apesar de corresponderem a grande maioria destes, representam uma parcela ínfima da população, e, por conseguinte, da geração de esgoto;

Percebe-se a necessidade de reverem-se os procedimentos adotados pelos órgãos ambientais, que, visando à aplicação da Resolução n. 128 (RIO GRANDE DO SUL, 2006) do CONSEMA, de extremo rigor e generalista quanto às particularidades dos municípios, tem desconsiderado a possibilidade de aplicação de sistemas descentralizados de coleta e tratamento de esgotos mediante tecnologias simplificadas de tratamento.

Ou seja, percebe-se a necessidade de se adotar soluções diferenciadas de tratamento e disposição dos efluentes domésticos de acordo com as características dos municípios, levando-se em consideração, principalmente, seu potencial poluidor, sua capacidade de independência técnico-financeira na operação do SES e a viabilidade de pronto atendimento ao maior espectro populacional possível e da universalização dos serviços de saneamento.

Mais especificamente, evidencia-se a demanda particular destes municípios de pequeno porte, que, dadas as características da colonização do Rio Grande do Sul, costumam localizar-se em locais de topografia desfavorável a implantação de sistemas de coleta por gravidade, dividindo-se em diversas bacias hidrossanitárias; dado seu pequeno tamanho costumam possuir equipe técnica reduzida e escassez de recursos para pesados investimentos em infraestrutura; mas que, porém, apresentam baixo potencial poluidor, dadas as pequenas vazões de esgoto sanitário e composição homogênea dos mesmos.

2.2. QUESTÃO DE PESQUISA

A implantação de sistemas tradicionais, centralizados e compostos por estações elevatórias e de tratamento de esgotos, são a única ferramenta adequada para a universalização dos serviços de esgotamento sanitário ou há alternativa técnica viável?

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. Objetivos Gerais

Este trabalho propõe-se a estudar a viabilidade técnica de utilizarem-se sistemas simplificados de tratamento de esgotos, baseados na utilização de sistemas descentralizados dotados de tanque séptico mais filtro anaeróbico, para atendimento dos mesmos.

Com isso pretende-se demonstrar a possibilidade de se adotar sistemas de custos de implantação e operação bastante reduzidos, vislumbrando a economia ao erário público de importantes montantes de recursos, sem deixar de observar a legislação vigente e os índices de tratamento demandados a fim de preservar-se o ambiente natural. E, ainda que estes

sistemas possam não atender de forma plena a legislação, demonstrar as vantagens de se adotá-lo como forma de se cumprir metas intermediárias de coleta e tratamento de esgotos.

2.3.2. Objetivos Específicos

Através de três estudos de caso e da análise de um sistema em operação pretende-se avaliar a viabilidade técnica da utilização de sistemas simplificados comunitários e descentralizados de tratamento, do tipo tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, para a depuração dos esgotos sanitários de municípios de pequeno porte. Com isso almeja-se demonstrar a possibilidade de aplicação destes sistemas, proporcionando maior independência destes municípios frente à necessidade de aporte de recursos externos.

2.4. PREMISA

Tendo em vista que os municípios considerados de pequeno porte (com população urbana inferior a 5.000 habitantes) correspondem a 64,52% dos municípios gaúchos, e englobam apenas 6,18% da população urbana do estado, ou seja, que investimentos em infraestrutura para estas populações representam um custo per capita elevado; e que a utilização de sistemas descentralizados e simplificados de tratamento de esgotos pode ser uma alternativa tecnicamente viável, pretende-se demonstrar a necessidade de revisar as diretrizes de projeto e licenciamento adotadas atualmente no Rio Grande do Sul.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo consta de compilação do material científico e/ou normativo existente, de forma a justificar, subsidiar e validar o trabalho a ser desenvolvido. Primeiramente serão levantadas as legislações e normativas existentes no Brasil, tanto em âmbito federal quanto estadual, no que se refere à qualidade e classificação dos recursos hídricos, regras para o lançamento de efluentes nos recursos hídricos, e parâmetros a serem observados no tratamento de efluentes sanitários. Numa segunda etapa, será estudado o conhecimento científico a cerca de processos de tratamento de efluentes domésticos, a níveis primário, secundário e terciário, dando-se especial atenção aqueles de aplicação condizente com a realidade financeira e ambiental de municípios e comunidades de pequeno porte.

3.1.LEGISLAÇÃO

Tendo em vista que os campos social e econômico, de mais fácil mensuração e utilização de índices e indicadores, são mais tangíveis quanto à observação de resultados, a conservação do meio ambiente e a sustentabilidade ambiental de governos e ações demandam a criação de regras e diretrizes específicas a serem seguidas na tomada de decisão quando da elaboração de políticas públicas. Especialmente quando se fala em saneamento ambiental, demanda-se o desenvolvimento de metas e obrigações a cumprir, uma vez que os valores a investir nas estruturas costumam ser altos e seus resultados não costumam ser imediatos ou não costumam ser sentidos pela população.

Detendo-se ao tema de esgotamento sanitário, a fim de minimizar os investimentos e maximizar os resultados, além de terem-se políticas de gestão bem definidas, deve-se observar algumas máximas, já consideradas nas resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que tratam do tema, assim como explicitadas por Von Sperling (1995, p.40), quando diz que “[...] os requisitos de qualidade de uma água são função de seus usos previstos, devendo atender, no caso de usos múltiplos, àquele mais restritivo.” e que “[...] um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento, deve proporcionar condições tais no corpo receptor, de tal forma que a qualidade do mesmo se enquadre dentro dos padrões para corpos receptores.”.

Para melhor entendimento das obrigações a se cumprir quando do tratamento e disposição final de efluentes sanitários, a seguir serão revisadas as preposições das principais legislações referentes ao tema nos âmbitos federal e estadual, que, por tratarem de diferentes abordagens a cerca de um mesmo tema, estão relacionadas entre si, conforme demonstrado na Figura 1.

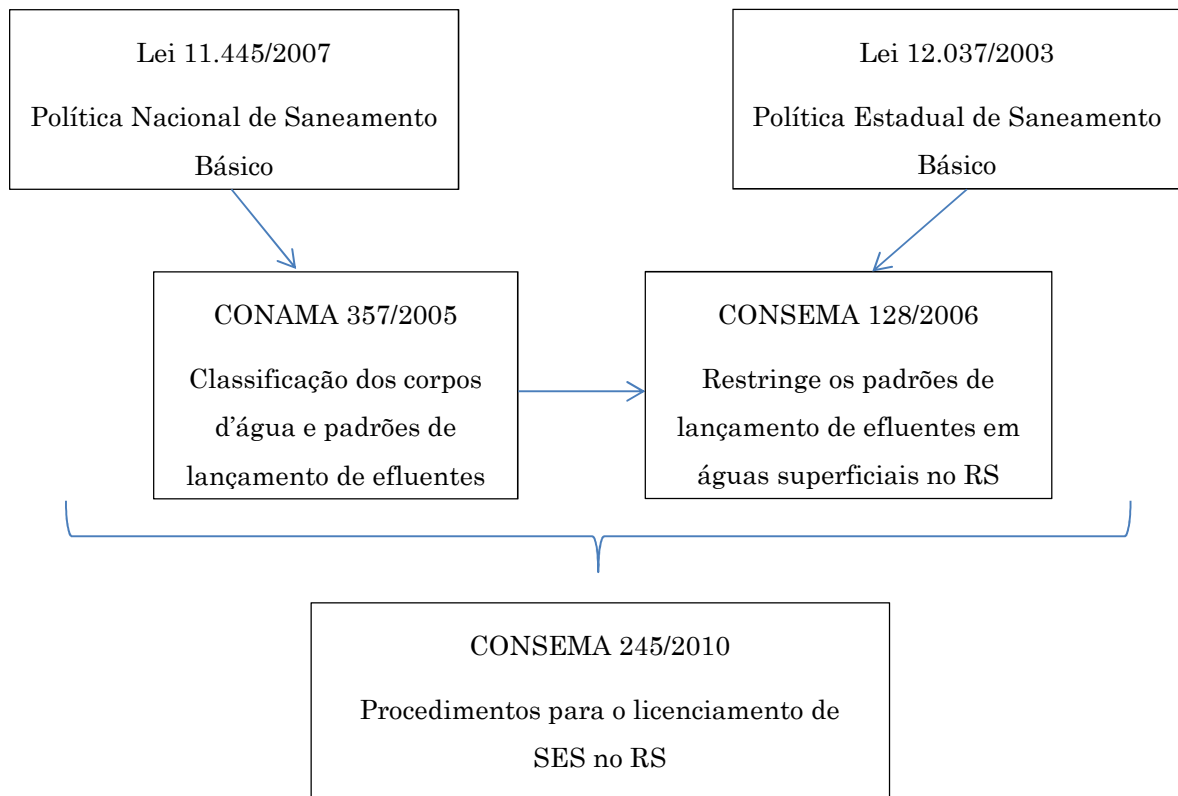


Figura 1: Legislação ambiental vigente no RS

Lei Federal 11.445/2007

Tendo sido sancionada em 5 de janeiro de 2007, a Lei Federal n. 11.445 (BRASIL, 2007) tem como objetivo estabelecer “[...] as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.”. Sendo assim, a mesma criou padrões a seguir na prestação dos serviços públicos de saneamento, tendo como maiores trunfos o reconhecimento da interdependência dos quatro eixos do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, e drenagem urbana e manejo de águas pluviais) e a obrigatoriedade da elaboração dos planos municipais

e regionais de saneamento, que terão a função de servir de subsídio para o planejamento de longo prazo dos serviços, além de estabelecer metas a ser cumpridas pelos prestadores de serviços.

Para o pleno cumprimento da mesma, em seu artigo 2º, define os princípios fundamentais dos serviços de saneamento:

- I - universalização do acesso;
- II - integralidade, compreendida como o conjunto de todas as atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento básico, propiciando à população o acesso na conformidade de suas necessidades e maximizando a eficácia das ações e resultados;
- III - abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente;
- IV - disponibilidade, em todas as áreas urbanas, de serviços de drenagem e de manejo das águas pluviais adequados à saúde pública e à segurança da vida e do patrimônio público e privado;
- V - adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;
- VI - articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde e outras de relevante interesse social voltadas para a melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante;
- VII - eficiência e sustentabilidade econômica;
- VIII - utilização de tecnologias apropriadas, considerando a capacidade de pagamento dos usuários e a adoção de soluções graduais e progressivas;
- IX - transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;
- X - controle social;
- XI - segurança, qualidade e regularidade;
- XII - integração das infra-estruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos.

Focando-se às diretrizes para a prestação dos serviços de esgotamento sanitário, salienta-se o disposto nos seguintes artigos da lei:

Art. 10. A prestação de serviços públicos de saneamento básico por entidade que não integre a administração do titular depende da celebração de contrato, sendo vedada a sua disciplina mediante convênios, termos de parceria ou outros instrumentos de natureza precária.

§ 1º Excetuam-se do disposto no caput deste artigo:

I - os serviços públicos de saneamento básico cuja prestação o poder público, nos termos de lei, autorizar para usuários organizados em cooperativas ou associações, desde que se limitem a:

a) determinado condomínio;

b) localidade de pequeno porte, predominantemente ocupada por população de baixa renda, onde outras formas de prestação apresentem custos de operação e manutenção incompatíveis com a capacidade de pagamento dos usuários;

Art. 11. São condições de validade dos contratos que tenham por objeto a prestação de serviços públicos de saneamento básico:

I - a existência de plano de saneamento básico;

II - a existência de estudo comprovando a viabilidade técnica e econômico-financeira da prestação universal e integral dos serviços, nos termos do respectivo plano de saneamento básico; [...]

Art. 44. O licenciamento ambiental de unidades de tratamento de esgotos sanitários e de efluentes gerados nos processos de tratamento de água considerará etapas de eficiência, a fim de alcançar progressivamente os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, em função da capacidade de pagamento dos usuários.

3.1.1. Lei Estadual 12.037/2003

Tendo sido sancionada em 19 de dezembro de 2003, a Lei Estadual n. 12.037 (RIO GRANDE DO SUL, 2003) tem como objetivo dispor “[...] sobre a Política Estadual de Saneamento Básico [...]”. Tendo sido sancionada anteriormente à Lei Federal 11.445, a mesma já considerou, ainda que não explicitamente, a interdependência dos quatro eixos do saneamento básico (abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos, e drenagem urbana e manejo de águas pluviais) e definiu o estabelecimento de metas e mecanismos para o cumprimento destas, com especial enfoque ao financiamento econômico, dado o reconhecido elevado valor econômico das estruturas de saneamento, como estabelecido em seu Art. 4º:

III - as obras e as instalações públicas de infra-estrutura sanitária constituem patrimônio de alto valor econômico e social e como tal devem ser consideradas nas ações de planejamento, construção, operação, manutenção e administração, de modo a obter-se sua sustentabilidade;

Focando-se às alíneas que justificam a necessidade de revisão dos procedimentos adotados para a implantação de SES de modo a visar a universalização dos serviços de saneamento de maneira sustentável economicamente, salienta-se o disposto nos seguintes artigos da lei:

Art. 11. VII - proposição e implantação de mecanismos de gestão que assegurem a aplicação racional de recursos financeiros por meio de critérios que maximizem a relação entre os benefícios gerados e os custos das obras, instalações e serviços de saneamento;

Art. 12 - Para assegurar os benefícios do saneamento à totalidade da população, o Sistema Estadual de Saneamento deverá contar com mecanismos institucionais e financeiros que permitam a ação articulada e integrada entre o Estado e os Municípios, cabendo:

II - ao Estado garantir aos Municípios com baixa densidade populacional prioridade no planejamento e execução de obras com tecnologias alternativas;

3.1.2. CONAMA 357/2005

Em 17 de março de 2005 foi aprovada a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005) do CONAMA, a qual foi revisada parcialmente pelas posteriores Resoluções CONAMA 397/2008, 410/2009 e 430/2011. A mesma foi elaborada com o objetivo de atualizar e inserir novos conceitos na política de controle ambiental, no que tange a classificação dos recursos hídricos e lançamento de efluentes líquidos nos mesmos.

Esta resolução, acompanhada de suas revisões, basicamente divide-se em duas partes, complementares entre si.

3.1.2.1. Classificação e Enquadramento dos Corpos d'Água

A classificação dos corpos d'água, conforme preconiza a resolução, se dá em função da salinidade do recurso, dividindo-se em águas doces, salobras e salinas, e em função do uso preponderante, definindo-se cinco classes de qualidade da água para atendimento dos mesmos, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Padrões de qualidade d'água para águas doces

Parâmetro	Unid	Classe				
		Especial	1	2	3	4
Coliformes Termotolerantes	un/100 ml	*	< 200	< 1.000	< 2.500	-
DBO ₅ ²⁰	mg O ₂ /L	*	< 3,0	< 5,0	< 10,0	-
OD	mg O ₂ /L	*	> 6,0	> 5,0	> 4,0	> 2,0
Turbidez	UNT	*	< 40	< 100	< 100	-
pH	-	*	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
P total	mg P/L	*	< 0,1	< 0,1	< 0,15	-
Nitrato	mg N/L	*	< 10,0	< 10,0	< 10,0	-
Nitrito	mg N/L	*	< 1,0	< 1,0	< 1,0	-
N Amoniacal	mg N/L	*	< 3,7 para pH ≤ 7,5	< 3,7 para pH ≤ 7,5	< 13,3 para pH ≤ 7,5	-
			< 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0	< 2,0 para 7,5 < pH ≤ 8,0	< 5,6 para 7,5 < pH ≤ 8,0	-
			< 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5	< 1,0 para 8,0 < pH ≤ 8,5	< 2,2 para 8,0 < pH ≤ 8,5	-
			< 0,5 para pH > 8,5	< 0,5 para pH > 8,5	< 1,0 para pH > 8,5	-

* Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água.

Fonte: Resolução n. 357 (BRASIL, 2005)

Ainda, em complemento aos padrões citados, deverão ser consideradas as seguintes observações:

Art 10: § 1º Os limites de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), estabelecidos para as águas doces de classes 2 e 3, poderão ser elevados, caso o estudo da capacidade de autodepuração do corpo receptor demonstre que as concentrações mínimas de oxigênio dissolvido (OD) previstas não serão desobedecidas, nas condições de vazão de referência, com exceção da zona de mistura.

Art 10: § 3o Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

Ressalta-se, porém, que os corpos d'água não são enquadrados nas devidas classes de acordo com seu estado atual, senão de acordo com os níveis de qualidade demandados para atendimento das necessidades e anseios da população, sendo definido nos planos de bacias, a serem elaborados pelos respectivos comitês de bacia. Sendo assim, o enquadramento expressa metas a serem alcançadas para cada manancial, finais ou intermediárias, as quais terão caráter obrigatório. Porém, tendo em vista que a classificação dos corpos d'água não é realizada de forma imediata e depende dos comitês de bacia, a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005) definiu, no seu artigo 42, que “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2 [...], exceto se as condições de

qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.”.

3.1.2.2. Padrões de Lançamento de Efluentes

Os lançamentos de efluentes, conforme preconiza a CONAMA pela Resolução n. 430 de 2011 (BRASIL, 2011), que alterou e complementou a Resolução n. 357/2005, deve atender parâmetros mínimos de qualidade para serem lançados ao corpo receptor e ser “compatível com” o mesmo, ou seja, também deve ser observado que não alterem sua classe ou estejam de acordo com as metas progressivas determinadas para tal. Além destes pré-requisitos, enfatizam-se as disposições feitas nos artigos 11 e 13 da resolução:

Art. 11. Nas águas de classe especial é vedado o lançamento de efluentes ou disposição de resíduos domésticos, agropecuários, de aquicultura, industriais e de quaisquer outras fontes poluentes, mesmo que tratados.

Art. 13. Na zona de mistura serão admitidas concentrações de substâncias em desacordo com os padrões de qualidade estabelecidos para o corpo receptor, desde que não comprometam os usos previstos para o mesmo.

As condições mínimas a serem atendidas pelos efluentes de sistemas de tratamento de esgotos sanitários são:

- pH: entre 5,0 e 9,0;
- Temperatura: inferior a 40°C, com variação do corpo receptor inferior a 3°C no limite da zona de mistura;
- DBO₅²⁰: inferior a 120 mg O₂/L ou remoção de 60%;
- Sólidos Sedimentáveis: inferior a 1 mL/L (teste de 1 hora em cone *Imhoff*);
- N Amoniacal: inferior a 20,0 mg N/L.

3.1.3. CONSEMA 128/2006

Em dezembro de 2006 passou a vigorar a Resolução n. 128 (RIO GRANDE DO SUL, 2006) do CONSEMA, que “Dispõe sobre a fixação de Padrões de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul.”. Sancionada anteriormente à Resolução n. 430/2011 do CONAMA, a

resolução estadual restringe ainda mais a permissividade para o lançamento de efluentes, estabelecendo, para lançamento de esgotos domésticos, padrões de emissão para intervalos de vazões, conforme as Tabelas 2 e 3, a seguir:

Tabela 2: Padrões de lançamento conforme faixas de vazão

Vazão (m ³ /d)	DBO ₅ ²⁰ (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)	SS (mg SS/L)
Q < 20,0	180	400	180
20 ≤ Q < 100	150	360	160
100 ≤ Q < 500	120	330	140
500 ≤ Q < 1.000	100	300	100
1.000 ≤ Q < 3.000	80	260	80
3.000 ≤ Q < 7.000	70	200	70
7.000 ≤ Q < 10.000	60	180	60
10.000 ≤ Q	40	150	50

Fonte: Resolução n. 128 (RIO GRANDE DO SUL, 2006)

Tabela 3: Padrões de lançamento para Fósforo e Coliformes Termotolerantes

Vazão m ³ /d	P Total		Coliformes Termotolerantes	
	Concentração mg P/L	Eficiência %	Concentração NMP/100 mL	Eficiência %
Q < 200	-	-	-	-
200 ≤ Q < 500	-	-	10 ⁶	90
500 ≤ Q < 1.000	-	-	10 ⁵	95
1.000 ≤ Q < 2.000	3	75,0	10 ⁵	95
2.000 ≤ Q < 10.000	2	75,0	10 ⁴	95
10.000 ≤ Q	1	75,0	10 ³	99

Fonte: Resolução n. 128 (RIO GRANDE DO SUL, 2006)

Quanto aos parâmetros Fósforo e Coliformes Termotolerantes, citados na Tabela 3, deverão ser atendidos os padrões de concentração ou a operação de tratamento deverá atender a eficiência mínima desejada. Além disso deverão ser observados os seguintes padrões:

- N Amoniacal: inferior a 20 mg N/L;
- pH: entre 6,0 e 9,0;

Como pode ser observado, a Resolução n. 128 não leva em consideração a relação entre o nível de tratamento demandado para os efluentes domésticos e a classificação do corpo receptor, exceto por ressalva feita no Art. 7º da mesma, que determina a observância de

relação entre a vazão de efluente e a vazão do corpo receptor, de modo que não venha a ocorrer implicância de qualidade d'água inferior à classe estabelecida.

3.1.4. CONSEMA 245/2010

A Resolução n. 245 de 2010 (RIO GRANDE DO SUL, 2010) do CONSEMA foi instituída com a finalidade de “Fixar procedimentos para o licenciamento de Sistemas de Esgotamento Sanitários [...]”. Fazendo referência a Lei Federal nº 11.445/2007, anteriormente discriminada, a mesma determina que os SES deverão estar previstos nos Planos Municipais de Saneamento Básico, devendo contemplar “[...] todas as etapas de coleta, tratamento e lançamento de efluentes tratados;”. E, como exigência fundamental ao licenciamento dos SES, a Resolução n. 245 requer a “[...] implantação de ETE com tratamento para atendimento dos padrões de emissão referentes aos parâmetros DBO_5^{20} , DQO e SS, determinados pela legislação em vigor;”, porém sem citar demais parâmetros.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

A caracterização, tanto quantitativa quanto qualitativa, dos esgotos sanitários é uma das etapas mais importantes da concepção de um sistema de esgotamento sanitário, tanto para a concepção das etapas de coleta e recalque quanto para a definição do sistema de tratamento a ser adotado.

Como exposto por Tsutiya e Alem (2000), os sistemas de esgotamento sanitário podem ser de três tipos: unitário, em que a contribuição final é soma das vazões de esgoto sanitário, águas de infiltração e águas pluviais; separador parcial, em que a contribuição de águas pluviais é proveniente apenas de telhados e pátios das economias; e separador absoluto, em que as contribuições de esgoto sanitário e infiltração formam sistema independente, enquanto as águas pluviais constituem o sistema de drenagem pluvial. No Brasil, segundo Tsutiya e Alem (2000) e Von Sperling (1995), é predominantemente adotado o sistema do tipo separador absoluto, em função dos reduzidos investimentos iniciais, maior flexibilidade para execução em etapas e redução de custos no afastamento das águas pluviais.

Sendo a opção de sistemas do tipo separador absoluto a mais detalhada, em detrimento das demais metodologias, na bibliografia nacional, e visto que em municípios de pequeno porte

a demanda pelo afastamento das águas pluviais é reduzida, este trabalho se deterá à discussão dos sistemas separadores absolutos.

3.2.1. Consumo de Água e Vazão Doméstica de Esgotos

A definição de vazão doméstica é explicada por Von Sperling (1995, p. 51):

O conceito de vazão doméstica engloba usualmente os esgotos oriundos dos domicílios, bem como de atividades comerciais e institucionais normalmente componentes de uma localidade. Valores mais expressivos originados de fontes pontuais significativas devem ser computados em separado, e acrescentado aos valores globais.

A vazão doméstica, conforme Von Sperling (1995) e Linsley e Franzini (1978), está intimamente relacionada ao consumo de água da zona de estudo. Mais especificamente, a vazão doméstica representa entre 60% e 90% do consumo de água, variando em função de características de uso e da população em questão. Para os casos generalistas ou em que inexistam dados locais oriundos de pesquisas ou controle de abastecimento, a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), na NBR 9.649 (BRASIL, 1986) de 1986 sugere a utilização de taxa de retorno de 80% ($C = 0,8$), o qual também será o valor adotado neste trabalho.

O consumo de água é dimensionado “[...] em função da população de projeto e de um valor atribuído para o consumo médio diário de água de um indivíduo [...]” (VON SPERLING, 1995, p. 51). A Tabela 4 cita valores tabelados de referência para o consumo médio per capita para núcleos urbanos de diferentes portes:

Tabela 4: Valores de referência para consumo per capita de água

Faixa de População (habitantes)	Consumo per Capita (L/hab.dia)
< 5.000	90 - 140
5.000 - 10.000	100 - 160
10.000 - 50.000	110 - 180
50.000 - 250.000	120 - 220
> 250.000	150 - 300

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1995)

No desenvolvimento deste trabalho, foi adotado o valor de 150 L/hab.dia, que corresponde ao valor que tem sido adotado como referência para municípios de pequeno porte quando da inexistência de históricos de consumo.

Conhecendo-se a população de projeto e o consumo per capita, pode-se calcular a vazão média de esgotos através da seguinte equação, adaptada de Von Sperling (1995):

$$Q_{d_{méd}} = \frac{P \cdot q \cdot C}{86.400} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$Q_{d_{méd}}$: vazão doméstica média (L/s);

P : população de projeto (hab);

q : consumo médio per capita (L/hab.dia) = 150;

C : coeficiente de retorno de esgoto = 0,8;

3.2.2. Vazões de Projeto

3.2.2.1. Vazão Média de Esgotos

Conforme já explicado no item 3.2.1, a vazão média é calculada de acordo com o consumo de água observada, aplicando-se um coeficiente de retorno (C), que será adotado neste trabalho como 0,8.

3.2.2.2. Vazões Máxima e Mínima de Esgotos

Segundo Pessôa e Jordão (1982) as vazões de esgoto sanitário variam em torno da média de acordo com as variações no consumo de água, que ocorrem em função dos costumes da população e das características da concepção adotada para o SES, podendo-se observar variações horárias, diárias, semanais, etc. Porém, os autores ressaltam que as variações são mais perceptíveis quanto menor for a população atendida.

Para o dimensionamento da vazão de projeto, considera-se a variação percentual em torno da vazão média devido às variações diárias e horárias de consumo. Linsley e Franzini

(1978), por exemplo, sugerem que a vazão máxima diária observada opera em cerca de 150% da vazão média diária e que a vazão máxima horária opera em cerca de 120% da vazão máxima diária. Estes valores são os mesmos sugeridos pela ABNT (BRASIL, 1986) para localidades onde inexitem dados exatos, e foram os valores adotados para o desenvolvimento deste trabalho.

Sendo assim a equação da vazão máxima adota a seguinte forma, adaptada de Von Sperling (1995):

$$Q_{m\acute{a}x} = Q_{d_{m\acute{e}d}} * k_1 * k_2 \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$Q_{d_{m\acute{a}x}}$: vazão doméstica máxima (L/s);

k_1 : coeficiente do dia de maior consumo = 1,5;

k_2 : coeficiente da hora de maior consumo = 1,2;

3.2.2.3. Vazão de Infiltração

Para o cálculo da vazão total afluente ao sistema de tratamento deve-se somar, além da vazão doméstica, supracitada, as contribuições oriundas da infiltração de água subterrânea e do solo no sistema de captação, a qual se denomina vazão de infiltração. "A quantidade de água infiltrada depende de diversos fatores, como extensão da rede coletora, área servida, tipo de solo, profundidade do lençol freático, topografia e densidade populacional." (VON SPERLING, 1995, p. 57).

Usualmente calcula-se a vazão de infiltração aplicando-se taxas de infiltração por extensão de rede. Visto que a magnitude destas taxas é extremamente variável, de acordo com as características geológicas da região de estudo, na falta de dados específicos para o dimensionamento de tais, a NBR 9.649 (BRASIL, 1986) sugere a aplicação de taxas entre 0,05 e 1,0 L/s.km. Outra metodologia aplicada em estudos preliminares é a utilização de uma porcentagem da vazão doméstica.

Para o desenvolvimento deste trabalho, tendo em vista o não conhecimento das características geológicas de cada um dos municípios abrangidos nos estudos de caso, foi adotado o valor de 0,15 L/s.km para estimar a vazão de infiltração afluente à(s) ETE(s).

Sendo que o comprimento de rede será estimado com o auxílio de softwares de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e GoogleEarth.

3.2.3. Parâmetros de Qualidade de Água

Segundo Von Sperling (1995, p. 59), “Os esgotos domésticos contêm aproximadamente 99,9% de água. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, bem como microrganismos. Portanto, é devido a essa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos.”.

Como elementos de projeto e operação de sistema de tratamento de esgotos, não há interesse em determinar os diversos compostos constituintes dos efluentes sanitários. Para tanto é preferível utilizar-se de parâmetros indiretos que refletem as características e o potencial poluidor dos mesmos. Para efluentes domésticos, os parâmetros de maior importância e seus valores usualmente observados em esgotos sanitários estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5: Características típicas de esgotos domésticos

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.dia)		Concentração (mg/L)	
	Faixa	Típico	Faixa	Típico
Sólidos Totais	120 - 220	180	700 - 1.350	1.100
Sólidos em Suspensão	35 - 70	60	200 - 450	400
Sólidos Dissolvidos	85 - 150	120	500 - 900	700
DBO ₅ ²⁰	40 - 60	50	250 - 350	350
DBO _u	60 - 90	75	350 - 600	500
Nitrogênio Total (N)	6,0 - 112,0	8,0	35 - 70	50
Nitrogênio Amoniacal (NH ₃ -N)	3,5 - 7,0	4,5	20 - 40	30
Nitrito (NO ₂ -N)	-	0,0	0,0	0,0
Nitrato (NO ₃ -N)	0,0 - 0,5	0,0	0,0 - 2,0	0,0
Fósforo Total(P)	1,0 - 4,5	2,5	5,0 - 25	14
pH	-	-	6,7 - 7,5	7,0
Coliformes Totais	10 ⁹ - 10 ¹² org/hab.dia		10 ⁶ - 10 ⁹ org/100 ml	
Coliformes Fecais	10 ⁸ - 10 ¹¹ org/hab.dia		10 ⁵ - 10 ⁸ org/100 ml	

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1995)

As características e importância de cada um dos parâmetros estão detalhadas no Anexo I deste trabalho. Sendo que para o desenvolvimento do mesmo foram adotados os seguintes parâmetros (Tabela 6) para cálculo da carga afluente à(s) ETE(s).

Tabela 6: Carga afluyente per capita adotada

Parâmetro	Contribuição per capita (g/hab.dia)
DBO ₅ ²⁰	54,0
Sólidos Dissolvidos	120,0
Sólidos Suspensos	60,0
Nitrogênio Total	8,0
Nitrogênio Amoniacal	4,5
Fósforo Total	2,5
Coliformes Totais	10 ¹⁰ org/hab.dia

3.3. TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Para Von Sperling (1995), a definição do objetivo e do nível de tratamento demandado é a primeira etapa a ser elaborada, devendo ser realizada antes mesmo de se iniciar a concepção do sistema. Isto porque, segundo Pessôa e Jordão (1982), quanto mais complexos os sistemas de tratamento maiores são os custos, tanto de implantação quanto de operação, e estes estudos viabilizam a concepção de sistemas minimalistas em termos de estruturas de tratamento. Apesar disso, frequentemente lhe é dada importância secundária, uma vez que os requisitos de tratamento são função de legislação específica, que determina os padrões a serem alcançados para o efluente final e para o corpo receptor.

3.3.1. Sistemas Tradicionais de Tratamento

Os sistemas de tratamento de esgotos podem ser definidos e classificados de diversas formas, sendo as principais a classificação segundo o nível de tratamento (Von Sperling, 1995; Pessôa e Jordão, 1982; Porto et al., 1991) e em função do constituinte removido (Pessôa e Jordão, 1982; Porto et al., 1991). Neste trabalho será adotada a classificação segundo o nível de tratamento, buscando-se identificar a capacidade de depuração de cada nível para os diferentes parâmetros, de modo a permitir a concepção de sistemas minimalistas que atendam os requisitos legais e ambientais.

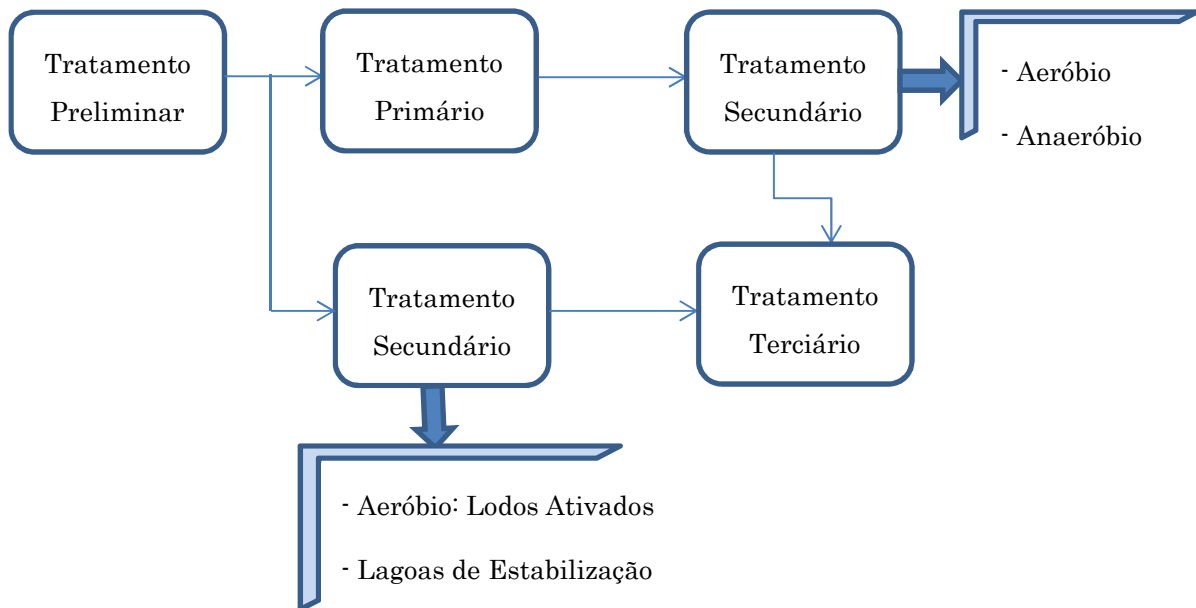
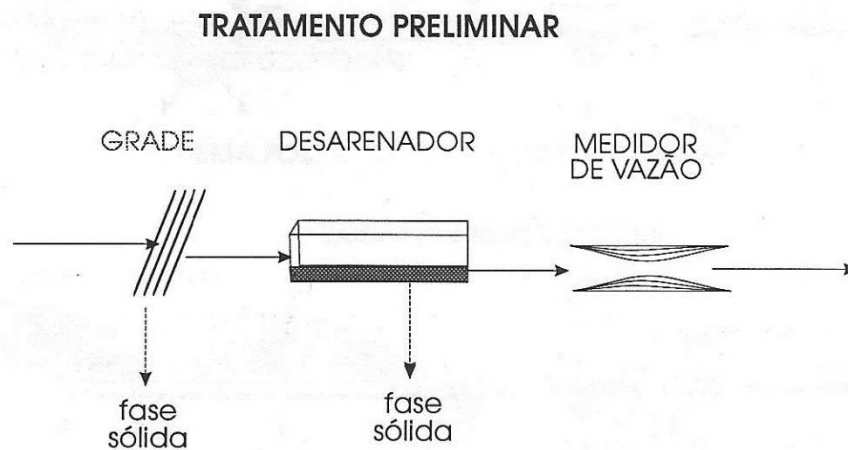


Figura 2: Fluxograma de Sistemas de Tratamento de Esgotos

3.3.1.1. Tratamento Preliminar

Segundo Von Sperling (1995), o tratamento preliminar constitui-se de mecanismos físicos de remoção de sólidos grosseiros, gorduras e areia, além de normalmente contar com uma unidade medidora de vazão. Também cumpre a função de realizar o controle de pH e de cargas orgânicas, controle de temperatura e de nutrientes para o tratamento secundário, conforme Porto et al. (1991), servindo, em resumo, como equalizador dos afluentes à ETE. Sendo assim, as estruturas principais que normalmente compõe o tratamento preliminar (Figura 3) são: gradeamento, desarenador e medidor de vazão. Onde o gradeamento é responsável pela remoção de sólidos grosseiros, o desarenador pela remoção da fração arenosa dos sólidos suspensos e o medidor de vazão, além da medição de vazão propriamente dita, pela dosagem de eventuais produtos químicos e equalização.



Fonte: Von Sperling (1995)

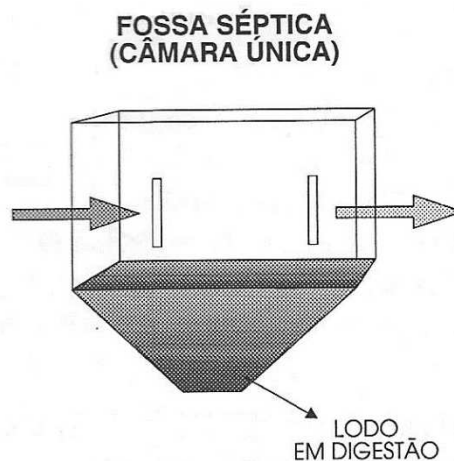
Figura 3: Fluxograma do Tratamento Preliminar

3.3.1.2. Tratamento Primário

O tratamento primário, segundo Von Sperling (1995), tem a função de, através de mecanismos físicos, remover os sólidos em suspensão não grosseiros (já removidos no tratamento preliminar). Isso é realizado, normalmente, através da utilização de decantadores, que permitem que os sólidos em suspensão, mais densos que o fluido, sedimentem gradualmente.

Essa etapa tem especial importância uma vez que a “[...] remoção [de sólidos em suspensão] por processos simples como a sedimentação implica na redução da carga de DBO dirigida ao tratamento secundário, onde sua remoção é de certa forma mais custosa.” (VON SPERLING, 1995, p. 182).

Também é mencionado por Von Sperling (1995), que os tanques sépticos (Figura 4) são uma forma de tratamento primário de baixo custo. As mesmas constituem-se de decantadores onde os sólidos sedimentáveis são removidos para o fundo, permanecendo aí por tempo longo o suficiente para que se estabilizem biologicamente. Essa estabilização ocorre normalmente em condições anaeróbias, dada a escassa presença de oxigênio.



Fonte: Von Sperling (1995)

Figura 4: Exemplo de Tanque Séptico

3.3.1.3. Tratamento Secundário

O tratamento secundário de esgotos sanitários domésticos compõe-se essencialmente de processos biológicos com a finalidade de remover matéria orgânica, solúvel ou em suspensão, residual do tratamento primário.

Segundo Von Sperling (1995) estes processos visam reproduzir de forma acelerada os mecanismos de depuração da matéria orgânica observados naturalmente nos corpos d'água, de tal forma a atingir níveis de tratamento semelhantes em intervalos de tempo significativamente menores do que nos sistemas naturais. Sendo assim, os mecanismos de tratamento secundário essencialmente baseiam-se na utilização de microrganismos para a realização de reações bioquímicas de degradação da matéria orgânica.

O funcionamento do processo biológico pode ser resumido neste trecho de Von Sperling (1995, p. 183):

Uma grande variedade de microrganismos toma parte no processo: bactérias, protozoários, fungos, etc. A base de todo o processo biológico é o contato efetivo entre esses organismos e o material orgânico contido nos esgotos, de tal forma que esse possa ser utilizado como alimento pelos microrganismos. Os microrganismos convertem a matéria orgânica em gás carbônico, água e material celular. Essa decomposição biológica do material orgânico requer a presença de oxigênio como componente fundamental dos processos aeróbios além da manutenção de outras condições ambientais favoráveis, como temperatura, pH, tempo de contato, etc.

Uma característica importante dos sistemas biológicos de tratamento, conforme explicado por Porto et al. (1991), é a geração de lodos, o que acarreta na demanda de uma unidade tratamento auxiliar posterior aos reatores biológicos destinada a separação das frações sólida e líquida. Esta unidade costuma ser denominada decantador secundário. O lodo decantado pode ser reintroduzido ao reator (dependendo o sistema de tratamento adotado), eliminando-se apenas a fração correspondente ao aumento populacional decorrente da reprodução dos microrganismos. E o lodo excedente sempre deve ser destinado à aterro sanitário ou outra atividade devidamente licenciada, devendo ou não passar previamente por processo de estabilização e/ou secagem.

O estudo dos sistemas secundários de tratamento tem sido realizado de forma exaustiva e constante a fim de definirem-se novas concepções com maiores eficiências, menores custos e de operação mais simplificada. Conforme descrito por diversos autores, entre eles Von Sperling (1995) e Porto et al. (1991), os processos de tratamento existentes são diversos, porém costumam ser variantes de processos que podem ser divididos em 3 grandes grupos: Lagoas de Estabilização, Tratamento Aeróbio e Tratamento Anaeróbio.

3.3.1.3.1. Lagoas de Estabilização

Porto et al. (1991) define os sistemas de lagoas de estabilização como sistemas de alta eficiência de tratamento e baixo custo (econômico). Porém frisa que, apesar de aparentarem simplicidade, são de difícil precisão de projeto dado seu caráter biológico.

Estes sistemas caracterizam-se por demandarem grandes extensões de área para sua implementação e por sua eficiência estar diretamente relacionada às condições ambientais do local de implantação. De modo a tentar mitigar esses dois problemas, ao longo dos tempos têm sido aplicadas diversas variantes deste sistema, conforme exposto por Von Sperling (1995). De maneira geral, as lagoas podem ser classificadas em função das bactérias que atuam na depuração da matéria orgânica, dividindo-se em aeróbias, facultativas e anaeróbias, quanto à forma de suprimento de oxigênio, dividindo-se em aeradas e não aeradas (suprimento de oxigênio via fotossíntese). A adoção de mais unidades, de diferentes tipos ou não, possibilita a redução da área ocupada assim como o aumento da eficiência, porém quanto mais complexo o sistema concebido maiores serão os custos de operação do mesmo.

3.3.1.3.2. Tratamento Aeróbio

Os sistemas aeróbios de tratamento de esgotos podem ser divididos basicamente em dois tipos: leito fixo e leito suspenso. Segundo Sant'Anna Jr (2010), o leito fixo caracteriza-se pela colônia de microrganismos estar, como já diz o nome, fixa a um material suporte, que pode ser móvel ou fixo, natural (brita) ou artificial (compostos plásticos), enquanto o leito em suspensão caracteriza-se pela biomassa estar em suspensão, demandando agitação do tanque para a eficiente distribuição do oxigênio que está sendo introduzido. No caso do leito em suspensão as células de microrganismos acabam por formar flocos de células.

Os sistemas aeróbios mais aplicados são os lodos ativados (leito suspenso) e os filtros biológicos (leito fixo). Porém, ambos caracterizam-se por fazer a degradação da matéria em condições aeróbias e por demandarem o suprimento externo de ar. Imhoff (1966), para quem a aeração externa é demanda pelo baixo ponto de saturação (em torno de 10 mg/L) do ar na água, explicita as vantagens dos processos aeróbios como: menor geração de odores, redução da área ocupada em relação a lagoas e aumento dos níveis de eficiência.

Segundo Von Sperling (1995), os processos de lodos ativados caracterizam-se por possuírem três etapas bem características: reator aerado, decantador secundário e recirculação de lodo. Isto porque com a recirculação do lodo há um acréscimo da concentração de biomassa em suspensão no reator, o que proporciona a diminuição do volume requerido para o mesmo, e com a aeração há um aumento do metabolismo microbiano, o que proporciona o consumo de DBO a taxas mais altas. O autor ainda cita as desvantagens deste processo: "[...] o fluxograma do sistema é complicado, requerendo uma elevada capacitação para a sua operação. Os gastos com energia elétrica para aeração são um pouco superiores aos das lagoas aeradas." (VON SPERLING, 1995, p. 193).

Já os sistemas de filtros biológicos, segundo Von Sperling (1995), consistem no aumento da superfície de contato entre microrganismos, que crescem em um meio suporte, e o esgoto, que circula por entre os poros deste meio. De maneira geral, as vantagens deste sistema estão na menor área requerida, já que não há retenção do efluente, e na ocorrência de aeração natural, minimizando o gasto energético.

3.3.1.3.3. Tratamento Anaeróbio

Os sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos também podem ser divididos em dois tipos: leito fixo e leito suspenso, com as mesmas características dos sistemas aeróbios. Estes sistemas, porém, foram utilizados ao longo dos tempos apenas para comunidades de pequeno porte, na forma de sistemas simplificados, detalhados posteriormente. E só a partir dos últimos 25 anos tem-se estudado mais sobre estes processos e desenvolvido sistemas capazes de atender maiores vazões, sendo o mais conhecido e utilizado os reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA), mais conhecido pela sua sigla em inglês, UASB. Conforme Von Sperling (1995), estes sistemas caracterizam-se por não possuir um meio suporte para o lodo, formando uma massa aglutinada de lodo que acaba por sedimentar e concentrar-se ao fundo do reator. Estes sólidos são degradados anaerobicamente, dada a incapacidade de infiltração de ar na massa sólida e a não injeção de ar na massa líquida. Os sistemas anaeróbios possuem a inconveniência de possuir geração de gases (metano, gás sulfídrico e gás carbônico), o que, se mal operado, acaba por gerar fortes odores. Porém esse mesmo inconveniente tem possibilitado a sustentabilidade, energética e financeira, destes sistemas através do aproveitamento energético dos mesmos. Além disso, os sistemas anaeróbios possuem a vantagem de produzir uma quantidade de lodo significativamente inferior frente aos processos aeróbios, além de que o lodo gerado já está estabilizado quando da sua retirada do sistema, pronto para a destinação final após desidratação.

3.3.1.4. Tratamento Terciário

O tratamento terciário é de aplicação mais rara, uma vez que é responsável pelo "polimento" do efluente final, sendo aplicado apenas quando demandadas maiores eficiências de remoção de nutrientes ou organismos patogênicos. Costuma-se aplicar esta etapa do tratamento quando a vazão afluente, ou as concentrações de nutrientes e microrganismos patogênicos destas, é muito elevada, de forma que as etapas anteriores não tenham sido capazes de realizar o tratamento de forma satisfatória. Ou seja, aplica-se o tratamento terciário quando os tratamentos primário e secundário foram incapazes de atender a legislação quanto às concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo) e desinfecção.

Os processos tradicionais para tratamento terciário estão diretamente relacionados com a função que demandou sua aplicação. Sendo que os procedimentos mais adotados são:

- a) lagoas de maturação - remoção de coliformes fecais e patogênicos;
- b) desinfecção - remoção de patogênicos; e

- c) banhados construídos - remoção de nutrientes e alguns metais.

3.3.2. Sistema Simplificado de Tratamento – Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio

Os sistemas de tratamento constituídos por tanque séptico seguido de filtro anaeróbio são conhecidos como sistemas simplificados de tratamento, tendo sido adotados ao longo dos tempos para residências rurais ou comunidades de pequeno porte, segundo Von Sperling (1995). Sistemas simplificados de tratamento com esta configuração podem ser aplicados individualmente, domicílio a domicílio, ou comunitariamente, de forma que cada sistema abranja uma bacia hidrossanitária completa, evitando-se sistemas de recalque. E é por isso que tem sido adotado de forma satisfatória em condomínios residências em que não há rede pública coletora nas proximidades.

3.3.2.1. Tanque Séptico

O tanque séptico é, segundo Von Sperling (1995), a unidade dos sistemas simplificados de tratamento responsável pela remoção da matéria orgânica em suspensão. Isto porque seu funcionamento baseia-se na sedimentação de, praticamente, a totalidade dos sólidos suspensos, os quais sofrem degradação anaeróbia no fundo da unidade.

Para o dimensionamento destas unidades foi redigida e está em vigor a norma técnica NBR 7.229 (BRASIL, 1993), que estabelece as diretrizes e parâmetros de projeto, construção e operação. Sendo que Imhoff (1966), autor que também empresta nome a reatores baseados no sistema séptico de tratamento (tanque Imhoff), orienta o uso de um tempo de detenção relativamente elevado, 2 a 10 dias, para efluentes domésticos.

Imhoff (1966) cita ainda que, devido ao fato de o sistema basear-se em reações anaeróbias, há a possível geração de maus odores. Porém este problema pode ser solucionado e/ou evitado com a correta operação do tratamento, e a remoção periódica do excesso de lodo.

3.3.2.2. Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente

A ABNT, através da NBR 13.969 (BRASIL, 1997), prevê e estabelece diretrizes de projeto, construção e operação de diferentes sistemas de tratamento para efluentes de tanques sépticos. Dentre os possíveis sistemas optou-se pela adoção de tratamento por filtros anaeróbios, dada a indeterminação dos coeficientes de infiltração dos locais estudados nos estudos de caso, os quais podem inviabilizar a aplicação de sistemas de tratamento por infiltração no solo, por exemplo. Além disso, estes sistemas aliam menor área ocupada à baixo custo de operação.

O filtro anaeróbio possibilita a remoção da matéria orgânica dissolvida, elevando consideravelmente a eficiência de remoção de DBO. Tal remoção se dá pela ação de bactérias anaeróbias que se fixam ao leito do filtro. Quando a colônia de bactérias atinge determinado nível de crescimento demanda-se a “lavagem” do mesmo, ocasionando a geração de lodo que, assim como no tanque séptico, deverá ser encaminhado à tratamento específico, conforme especificado por Imhoff (1966).

3.3.2.3. Pré-Dimensionamento

O dimensionamento destas unidades de tratamento possuem uma normativa específica a ser seguida. Para a construção de tanques sépticos deve-se ater às especificações determinadas na NBR 7.229 (BRASIL, 1993), enquanto os filtros anaeróbios estão contemplados na NBR 13.969.

Para um pré-dimensionamento das unidades, com a finalidade de estimar a área total ocupada, Gasi (SÃO PAULO, 1988), sugere a utilização de um índice de 0,26 m²/hab, valor a ser utilizada para a estimativa de área ocupada por cada uma das unidades de tratamento.

3.3.2.4. Tratamento de Lodo

Uma das principais preocupações do tratamento por tanques sépticos seguidas de filtros anaeróbios é a disposição final do lodo gerado. Segundo Gasi (SÃO PAULO, 1988), os tanques sépticos devem ter seu lodo drenado com uma periodicidade de 3 a 6 meses, enquanto os filtros anaeróbios entre 5 e 6 meses. Esse lodo, parcialmente digerido, deve ser tratado em um sistema de secadores de lodos, sendo a alternativa mais comumente adotada a dos leitos de secagem, e deve ser disposto em aterro sanitário adequado. A ABNT, na NBR

7.229 (BRASIL, 1993) ainda prevê usos alternativos do lodo, como a disposição em campos agrícolas ou utilização em usinas de compostagem, o qual deve ser realizado de forma adequada e deve ser submetido a licenciamento dos órgãos ambientais, de forma a não haver prejuízo ao meio ambiente.

Conforme Von Sperling (2005), o lodo a ser removido da massa líquida do sistema de lodo ativado convencional corresponde a uma geração per capita diária de 25 gSS/hab.dia, com teor de 3,0% de sólidos secos, estimando-se a geração volumétrica entre 1,0 a 2,0 L/hab.dia. Sendo o valor adotado de 2,0 L/hab.dia. Para o cálculo da área demandada, sugere-se (VON SPERLING, 2005) a aplicação da Equação 3, utilizando-se um tempo de secagem de 8 dias para leitos com altura útil de 0,6 metros:

$$A = \frac{Q \cdot t}{h} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

A: Área superficial requerida (m²);

Q: Vazão de descarte de lodo (m³/d);

t: Tempo de secagem (d) = 8;

h: Altura útil do leito de secagem (m) = 0,6.

3.3.3. Eficiências de Tratamento de Esgotos

A tomada de decisão quanto ao sistema de tratamento a ser adotado na implantação de um SES deve ser em função da eficácia do mesmo, ou seja, sua capacidade de atender aos parâmetros legais de lançamento de efluentes, e de modo que não ocorram alterações degradantes ao ambiente natural. Essa eficácia é função direta da eficiência do sistema de tratamento adotado. A Tabela 7 traz os intervalos de eficiência média observados nos principais sistemas de tratamento existentes.

Tabela 7: Eficiências dos Principais Sistemas de Tratamento

Sistema de Tratamento	Eficiência de Remoção (%)				Área (m ² /hab)	Requisitos Tratamento de Lodo (m ³ /hab.dia)
	DBO	N	P	Coliformes		
Tratamento Preliminar	0 - 5	~0	~0	~0	< 0,001	-
Tratamento Primário	35-40	10-25	10-20	30-40	0,03-0,05	0,6-13
Lagoas de Estabilização	70-90	30-50	20-60	60-99,9	1,5-3,5	-
Lodos Ativados	85-93	30-40	30-45	60-90	0,2-0,3	1,1-1,5
Filtro Biológico	85-93	30-40	30-45	60-90	0,5-0,7	0,4-0,6
UASB	60-80	10-25	10-20	60-90	0,05-0,1	0,07-0,1
Tanque Séptico - Filtro Anaeróbio	70-90	10-25	10-20	60-90	0,2-0,4	0,07-0,1

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1995)

Para a realização deste trabalho foram adotados valores de eficiência intermediários entre os intervalos dispostos na Tabela 7 para os sistemas “Tanque Séptico + Filtro Anaeróbio”, conforme especificado na Tabela 8. A utilização de uma elevada eficiência de remoção de sólidos suspensos (99%) justifica-se uma vez que o tratamento em tanque séptico pressupõe a remoção do mesmo por decantação em um tempo de detenção elevado (IMHOFF, 1966), ou seja, em que se removem praticamente todos estes sólidos. A fim de garantir a validade do estudo, estes valores foram adotados previamente a verificação da eficácia do tratamento, em etapa posterior.

Tabela 8: Eficiências de Remoção Adotadas

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)
DBO	80,0
Coliformes	80,0
Sólidos Suspensos	99,0
Nitrogênio Total	20,0
Fósforo Total	15,0

4. METODOLOGIA E RESULTADOS PRELIMINARES

A análise de viabilidade técnica da implantação de sistemas simplificados de tratamento de esgotos para municípios de pequeno porte se deu através da realização de três estudos de caso, para os municípios de Arroio do Padre, Alegria e Barracão. Para cada um dos municípios foi analisada a necessidade de divisão do mesmo em bacias hidrossanitárias, conforme condições topográficas dos mesmos, e implantação de sistemas simplificados de tratamento para cada uma das bacias, de modo a não se utilizar sistemas de recalque de esgoto bruto. Essa metodologia de concepção presente, ainda, a verificação da viabilidade técnica da utilização de sistemas de esgotamento sanitário isentos de gastos operacionais elevados com, principalmente, energia elétrica.

Os municípios foram selecionados de forma a contemplar diferentes regiões do estado do Rio Grande do Sul e de acordo com sua população, sendo que cada um dos exemplos consiste de um espectro populacional diferente dentro de um valor máximo de 5.000 habitantes. A fim de manter e focar no aspecto comparativo entre os diferentes municípios a análise dos mesmos será feita em paralelo e não de forma individualizada.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS

4.1.1. Arroio do Padre

Arroio do Padre é um município relativamente novo, tendo se emancipado de Pelotas em 17 de abril de 1996, localizada às coordenadas geográficas $31^{\circ}26'34''S$ $52^{\circ}25'22''W$ (Figura 5). Com população total de 2.730 habitantes e urbana de 454 habitantes (IBGE, 2010), está entre os 20 menores municípios do Rio Grande do Sul e caracteriza-se pela particularidade de seu território estar completamente inserido dentro do município de Pelotas. O principal acesso ao município se dá pela rodovia RS-737, que conecta-se a BR-116.

Tendo uma concentração urbana relativamente pequena se comparada aos demais municípios do estado, sua sede urbana caracteriza-se por ser de baixa densidade populacional. Formada por, principalmente, três ruas principais, com poucos domicílios, sendo a grande maioria de unidades de pavimento único.

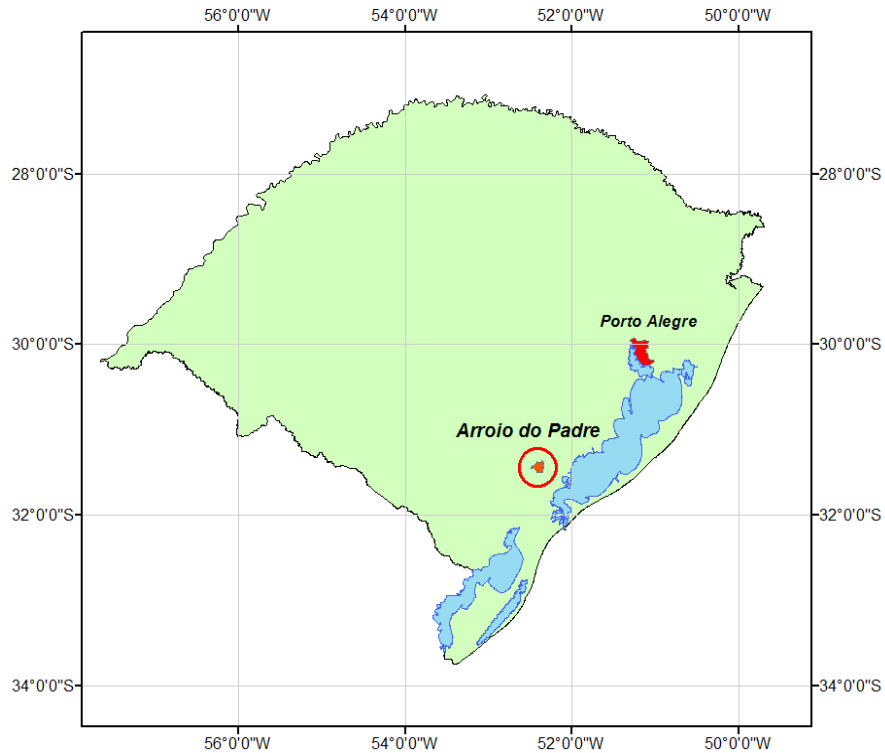


Figura 5: Localização de Arroio do Padre

4.1.1.1. Características Físicas

Localizado ao sul do estado, o município de Arroio do Padre está inserido no bioma Pampa (SISCOM, 2012), o qual se caracteriza pela vegetação aparentemente uniforme e composta de gramíneas, herbáceas e algumas árvores e pela fauna diversa. Com altitudes inferiores a 400 metros, no município predominam os climas classificados como Cfa-II1c e Cfa-II2c (Moreno, 1961), que indicam clima temperado úmido, de temperaturas máximas anuais superiores a 22 °C e temperaturas médias oscilantes em torno de 18 °C.

Com relevo predominantemente ondulado, no município de Arroio do Padre pode-se encontrar dois tipos de solos: Neossolo Litólico e Argissolo Vermelho. Estes solos, segundo a EMATER (Streck et al., 2002), são relativamente profundos, podendo-se observar afloramento de rochas devido a ondulação do terreno. Além disso, a região apresenta uma formação geológica antiga e por isso, consideravelmente alterada.

Em relação à hidrografia, o município está localizado (Figura 6) na divisa das bacias do Camaquã e do Mirim – São Gonçalo (SEMA, 2012), as quais fazem parte da bacia hidrográfica litorânea. Próximo a zona urbana percebe-se a presença de diversos cursos d'água de pequeno porte, entre eles: Arroio do Andrade, Arroio Corrientes, Arroio do Padre,

Arroio do Touro, Arroio Pimenta e Arroio Quilombinho. Sendo que os principais usos dos recursos d'água estão relacionados à irrigação, dessedentação de animais e abastecimento urbano.



Figura 6: Mapa Hidrográfico do Estado do RS, com destaque das bacias Mirim - São Gonçalo e Camaquã

4.1.1.2. Características Econômicas

Sendo um município recente, Arroio do Padre possui uma economia predominantemente agrícola, o que justifica sua baixa concentração urbana. Com um produto interno bruto per capita (PIB) da ordem de R\$ 8.000,00, possui sua renda má distribuída, com cerca de 80% dos domicílios com renda bruta inferior a dois salários mínimos (IBGE, 2010) (Tabela 9).

Tabela 9: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE - 2009

Discriminação	Educação	Ordem	Renda	Ordem	Saneamento	Ordem	Saúde	Ordem	IDESE	Ordem
Arroio do Padre	0,901	82°	0,562	465°	0,038	496°	0,823	483°	0,581	483°
RS	0,87		0,813		0,569		0,85		0,776	

Dentre os 496 municípios gaúchos, Arroio do Padre foi classificado pela Fundação de Economia e Estatística (FEE, 2009) como o 483º município em termos de desenvolvimento econômico, o que mostra a necessidade de investimentos no mesmo, principalmente em saneamento, onde foi considerado o município com pior índice no estado.

E sem apresentar unidades industriais em seu núcleo urbano, percebe-se que o potencial poluidor do mesmo é todo oriundo de contribuições domésticas.

4.1.1.3. Condições Sanitárias

Demandando muitos investimentos em infraestrutura e serviços de saneamento, tendo sido classificado como o pior município do estado neste índice segundo o Índice de Desenvolvimento Econômico (IDESE) (FEE, 2009), os serviços de saneamento são precários em Arroio do Padre. Em virtude disso, observa-se elevados índices de ocorrência de doenças diarreicas agudas (DATASUS, 2010), as quais são diretamente relacionadas à precariedade nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

O sistema de abastecimento de água (Tabela 10) no município é operado pela própria prefeitura municipal e é realizado de forma descentralizada. No total, segundo informações da Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), o sistema conta com dois poços de captação e dois reservatórios, e atende apenas os núcleos urbanos, dentre os quais a sede, enquanto os domicílios rurais são abastecidos por poços individualizados. O sistema de tratamento se dá *in situ*, mediante cloração e fluoretação.

Tabela 10: Resumos dos serviços de abastecimento de água

Abastecimento de Água	Domicílios	Moradores
abastecimento de água da rede geral	65	217
abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade	495	1.956
abastecimento de água da chuva armazenada em cisterna	0	0
outra forma de abastecimento	130	486
TOTAL	690	2.659

Fonte: IBGE, 2010

Já o sistema de esgotamento sanitário é completamente inexistente, sendo os domicílios dotados apenas de tanques sépticos (fossa séptica) ou fossas rudimentares, individuais, sem contar com acompanhamento operacional.

Tabela 11: Destino dos esgotos sanitários no município

Esgotamento sanitário	Domicílios	Moradores
Rede geral de esgoto ou pluvial	1	2
Fossa séptica	410	1.555
Fossa rudimentar	187	755
Vala	50	211
Rio, lago ou mar	0	0
Outro escoadouro	2	11
Não tinham banheiro nem sanitário	40	125
TOTAL	690	2.659

Fonte: IBGE, 2010

Os serviços de coleta e disposição final de resíduos, segundo informações do Plano Ambiental do município, são inexistentes, sendo os resíduos dispostos, queimados e/ou enterrados, sem qualquer controle ambiental. Porém, segundo informações da municipalidade está sendo providenciado local para a realização da triagem dos resíduos para posterior destinação à aterro sanitário.

E, assim como os serviços de esgotamento sanitário e coleta e manejo de resíduos sólidos, os serviços de drenagem urbana são inexistentes, não havendo redes de micro e macrodrenagem implantadas. Porém, dadas as condições topográficas e de drenagem superficial do mesmo, não são observados eventos de inundações ou enchentes.

4.1.2. Alegria

Localizado na mesorregião noroeste do Rio Grande do Sul, nas coordenadas geográficas 27°49'58"S 54°03'41"W (Figura 7), e com população total de 4.301 habitantes e urbana de 1.585 habitantes (IBGE, 2010), o município de Alegria teve sua colonização iniciada na década de 1920, com a chegada de imigrantes alemães oriundos da chamada colônia velha de Montenegro, somados posteriormente aos imigrantes poloneses oriundos dos arredores de Ijuí. Apesar de existir enquanto aglomerado urbano há tanto tempo, se tornou município de fato apenas em 1987. Seus acessos, ainda formados por estradas não pavimentadas, têm

como principais rodovias próximas à sede urbana a RS-157 e a RS-570, estando à distância de, aproximadamente, 470 km de Porto Alegre.

De economia predominantemente agrícola, mais de 60% da população vive no meio rural (IBGE, 2010), sendo sua sede urbana (Figura 8) constituída, principalmente, por repartições públicas e estabelecimentos comerciais, com predominância de edificações de pavimento único.

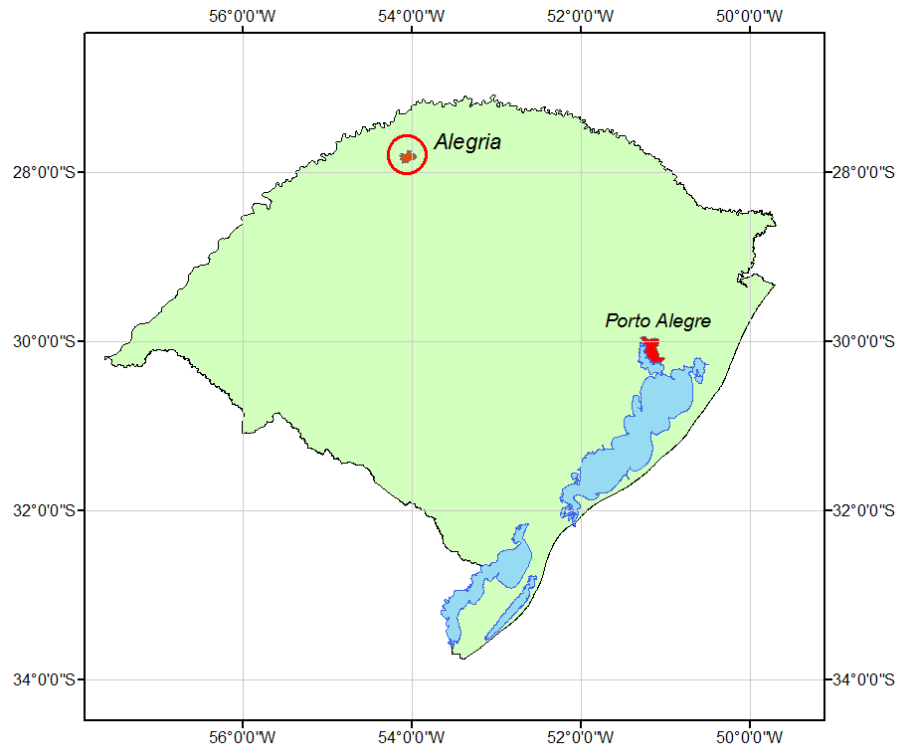


Figura 7: Localização de Alegria



Figura 8: Foto aérea da área urbana de Alegria

4.1.2.1. Características Físicas

Localizado ao sul do estado, o município de Alegria está inserido no bioma Mata Atlântica (SISCOM, 2012), o qual se caracteriza pela variedade de formações e grande diversidade de espécies de fauna e flora. Com altitudes inferiores a 600 metros, no município predomina o clima classificado como Cfa-II2a (Moreno, 1961), que indica clima temperado úmido, de temperaturas máximas anuais superiores a 22 °C e temperaturas médias superiores a 18 °C. Com relevo caracterizado como suavemente ondulado a ondulado, no município de Alegria pode-se encontrar dois tipos de solos: Cambissolo Háptico e Latossolo Vermelho. Estes solos, segundo a EMATER (Streck et al., 2002), são relativamente profundos, sendo o primeiro caracterizado pelo alto grau de intemperização sofrida, enquanto no segundo é comum encontrar-se fragmentos de rocha dado o baixo grau de intemperização. Em relação à hidrografia, o município está localizado na bacia dos rios Turvo, Santa Rosa e Santo Cristo (SEMA, 2012), a qual faz parte da bacia hidrográfica do rio Uruguai (Figura 9). Esta bacia hidrográfica caracteriza-se pela significativa demanda dos recursos hídricos devido às atividades econômicas.

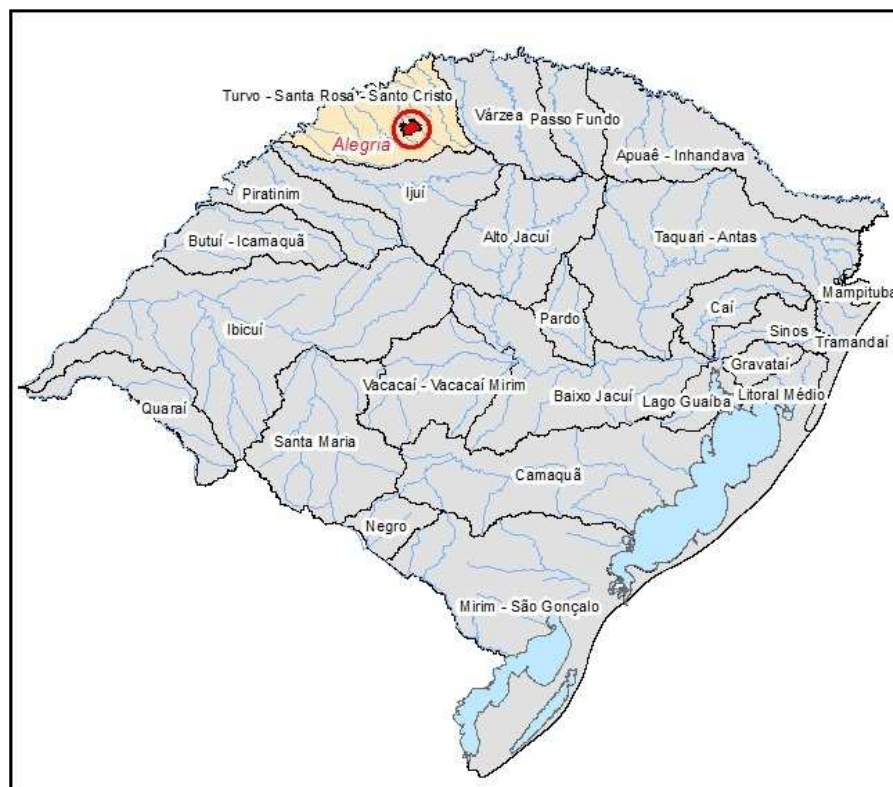


Figura 9: Mapa Hidrográfico do Estado do RS, com destaque da bacia do Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo

Próximo a zona urbana percebe-se a presença de alguns cursos d'água de pequeno porte, entre eles o rio Fiúza e o Lajeado do Engenho. Sendo que os principais usos dos recursos d'água estão relacionados à irrigação, dessedentação de animais e abastecimento urbano.

4.1.2.2. Características Econômicas

Sendo um município recente, Alegria possui uma economia predominantemente agrícola, o que justifica sua baixa concentração urbana. Com um PIB per capita da ordem de R\$ 9.500,00, possui sua renda má distribuída, com cerca de 80% dos domicílios com renda bruta inferior a dois salários mínimos (IBGE, 2010).

Dentre os 496 municípios gaúchos, Alegria foi classificado pela Fundação de Economia e Estatística como o 282º município em termos de desenvolvimento econômico (FEE, 2009) (Tabela 12), o que mostra a necessidade de investimentos no mesmo, principalmente em saneamento, onde obteve seu pior índice.

Tabela 12: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE - 2009

Discriminação	Educação	Ordem	Renda	Ordem	Saneamento	Ordem	Saúde	Ordem	IDESE	Ordem
Alegria	0,938	23º	0,667	306º	0,288	317º	0,844	282º	0,684	282º
RS	0,87		0,813		0,569		0,85		0,776	

No total o município possui 19 unidades industriais de transformação, que empregam 27 pessoas. Além de serem de pequeno porte, a maior parte destes empreendimentos não está situada na zona urbana, percebendo-se então que o potencial poluidor da sede municipal é todo oriundo de contribuições domésticas.

4.1.2.3. Condições Sanitárias

Demandando muitos investimentos em infraestrutura e serviços de saneamento, tendo obtido seu pior índice IDESE (FEE, 2009) neste quesito, os serviços de esgotamento sanitário são precários em Alegria. Em virtude disso, observa-se elevados índices de mortalidade infantil (CIS/SES - RS), e de ocorrência de doença diarreica aguda (DATASUS, 2012) (Figura 10), as quais são diretamente relacionadas à precariedade nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

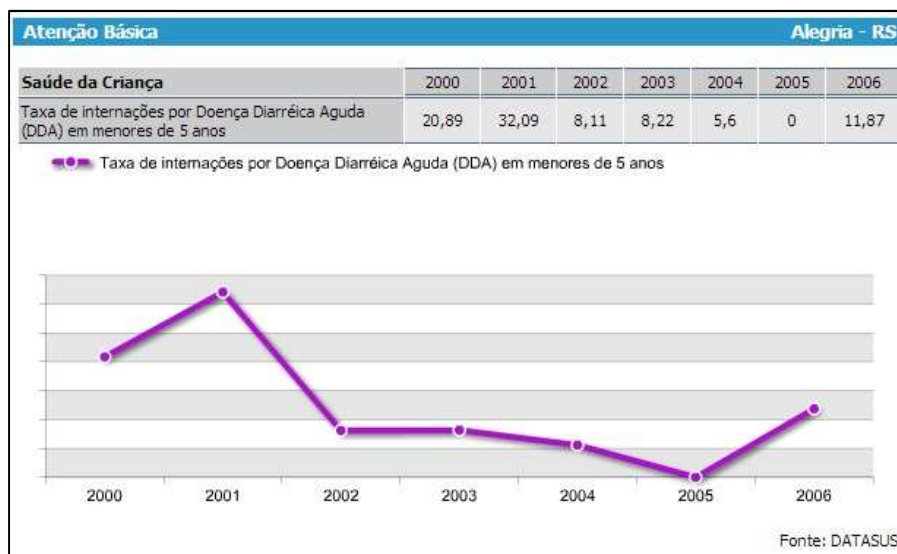


Figura 10: Histórico de internações por DDA

O sistema de abastecimento de água no município é operado pela própria prefeitura e é realizado de forma centralizada na zona urbana. Segundo informações da ANA (2010), o sistema baseia-se em captação superficial, realizada no rio Fiúza, e tratamento em ETA, atendendo 100% da sede urbana. A área rural é atendida por dois sistemas auxiliares com captação subterrânea. O tratamento realizado na ETA é do tipo convencional.

Já o sistema de esgotamento sanitário é completamente inexistente, sendo os domicílios dotados apenas de tanques sépticos (fossa séptica) ou fossas rudimentares, individuais, sem contar com acompanhamento operacional.

Tabela 13: Destino dos esgotos sanitários no município

Esgotamento sanitário	Domicílios	Moradores
Rede geral de esgoto ou pluvial	6	16
Fossa séptica	160	470
Fossa rudimentar	1.165	3.357
Vala	52	144
Rio, lago ou mar	2	4
Outro escoadouro	25	70
Não tinham banheiro nem sanitário	22	50
TOTAL	1.432	4.111

Fonte: IBGE, 2010

Os serviços de coleta e disposição final de resíduos, segundo informações da prefeitura municipal, são realizados de forma integral, inexistindo sistema de coleta seletiva. Os resíduos sólidos urbanos são coletados em todo o perímetro urbano por empresa

terceirizada, que o encaminha a aterro sanitário licenciado no município de Três de Maio. Já os resíduos de serviços de saúde são coletados por empresa terceira, que os destina à tratamento térmico em empresa licenciada no município de Santo Ângelo.

O serviço de drenagem urbana, apesar da existência de algumas redes de microdrenagem, é praticamente inexistente e ineficaz, uma vez que se observa a ocorrência de alagamentos durante eventos de chuva em cinco diferentes pontos da cidade. Também se percebe o intenso assoreamento e degradação dos recursos hídricos, em especial o lajeado Engenho, observando-se a intensa presença de influência antrópica, com a presença de resíduos sólidos de toda natureza.

4.1.3. Barracão

Com colonização iniciada ainda nos anos de 1840, em função da instalação de uma coletaria para arrecadação de impostos, Barracão tornou-se município apenas em 1964. Formado por população de diferentes origens étnicas, é a etnia portuguesa a de presença predominante.

Com população total de 5.357 habitantes e urbana de 3.037 habitantes, está localizado nas coordenadas geográficas 27°40'18"S 51°27'28"W (Figura 11), na região norte-nordeste do estado, na região fisiográfica dos Campos de Cima da Serra, estabelece a divisa do Rio Grande do Sul com o estado de Santa Catarina. Está situado a, aproximadamente, 340 km de Porto Alegre. Seus principais acessos se dão pelas rodovias RS-470 e RS-343.

Apesar de possuir economia baseada predominantemente na agropecuária, e de pequenas indústrias relacionadas à mesma, possui praticamente 50% da área municipal urbanizada (FAMURS). Porém, como se pode observar na Figura 12, a área urbana é esparsa e com baixa densidade de ocupação.

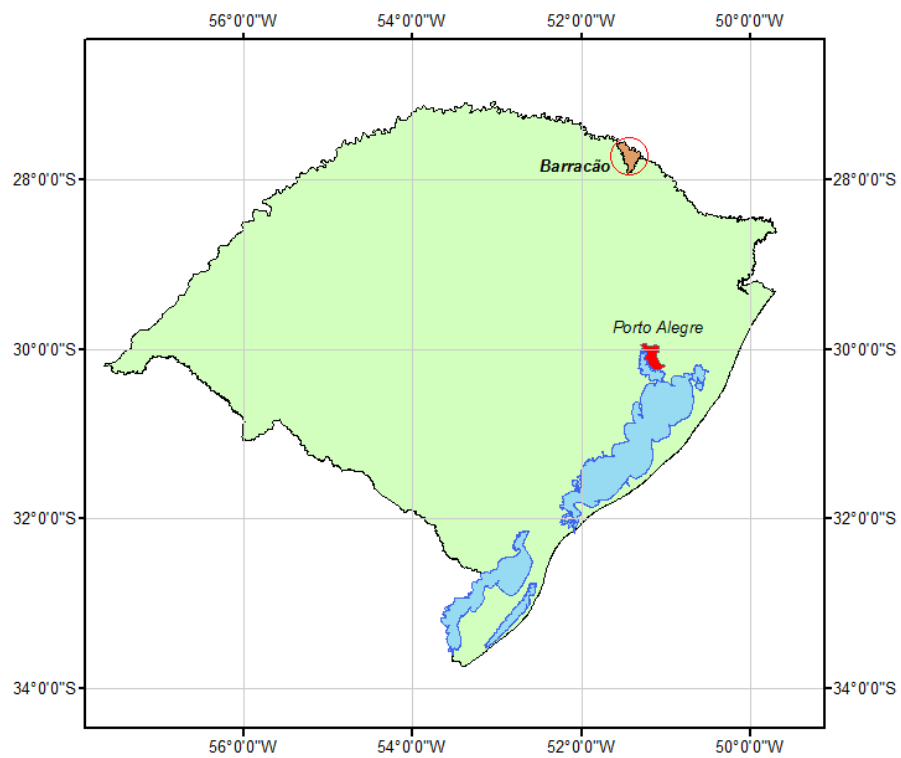


Figura 11: Localização de Barracão



Figura 12: Foto aérea da área urbana de Barracão (cedida pelo município)

4.1.3.1. Características Físicas

Localizado no norte do estado, o município de Barracão está inserido no bioma Mata Atlântica (IBAMA, 2010), o qual se caracteriza pela variedade de formações e grande diversidade de espécies de fauna e flora. Com altitudes superiores a 600 metros, no município predomina o clima classificado como Cfb-Ia (Moreno, 1961), que indica clima temperado úmido, de temperaturas máximas anuais inferiores a 18 °C e temperaturas médias extremas, entre 10 °C e 22 °C.

Com relevo caracterizado como suavemente ondulado a ondulado, no município de Barracão podem-se encontrar três tipos de solos: Neossolo Regolítico, Latossolo Vermelho e Nitossolo Vermelho. Enquanto, segundo a EMATER (Streck et al., 2002), os dois últimos são solos relativamente profundos e homogêneos, o primeiro caracteriza-se por ser relativamente raso e pouco desenvolvido. Todos os três apresentam boa aptidão agrícola.

Em relação à hidrografia, o município está localizado na bacia dos rios Apuaê-Inhandava (SEMA, 2012), a qual faz parte da bacia hidrográfica do rio Uruguai (Figura 13). O principal uso dos recursos hídricos na bacia é o abastecimento urbano, visto que as espécies agrícolas cultivadas não demandam grande volume de irrigação.

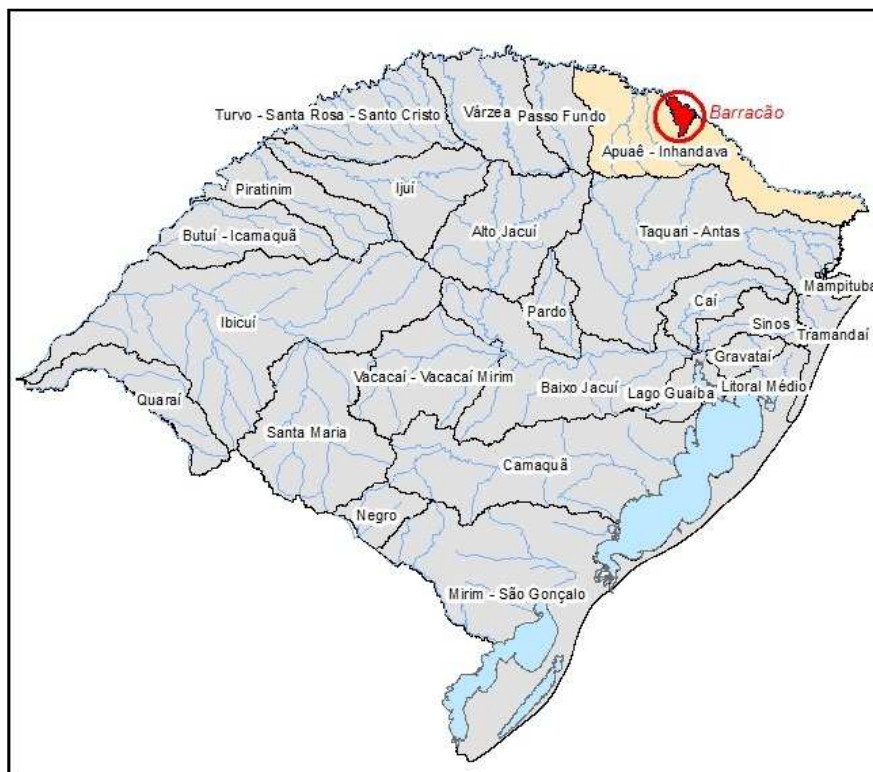


Figura 13: Mapa Hidrográfico do Estado do RS, com destaque da bacia do Apuaê-Inhandava

Próximo à zona urbana percebe-se a presença de alguns cursos d'água, entre eles alguns afluentes do rio Marmeleiro, de notável potencial turístico dada a formação de cachoeiras e quedas d'água.

4.1.3.2. Características Econômicas

Apesar de ser um município de economia predominantemente agrícola, aproximadamente 60% da população de Barracão é urbana, o que demonstra uma alta modernização das atividades agropecuárias, e, por conseguinte, uma alta concentração de renda. Com um PIB per capita da ordem de R\$ 19.000,00, possui sua renda má distribuída, com cerca de 85% dos domicílios com renda bruta inferior a dois salários mínimos (IBGE, 2010).

Dentre os 496 municípios gaúchos, Barracão foi classificado pela FEE (2009) como o 206º município em termos de desenvolvimento econômico (Tabela 14), porém, em termos de saneamento foi o 277º melhor colocado. Ou seja, apesar de estar dentro da faixa dos 50% melhores municípios do estado em termos de desenvolvimento, deixa a desejar em termos de saneamento, índice em que obteve sua pior nota.

Tabela 14: Índice de Desenvolvimento Socioeconômico - IDESE - 2009

Discriminação	Educação	Ordem	Renda	Ordem	Saneamento	Ordem	Saúde	Ordem	IDESE	Ordem
Barracão	0,869	221º	0,813	82º	0,337	277º	0,83	206º	0,712	206º
RS	0,87		0,813		0,569		0,85		0,776	

No total o município possui 31 unidades industriais de transformação, que empregam 91 pessoas. Além de serem de pequeno porte, a maior parte destes empreendimentos não está situada na zona urbana, percebendo-se então que o potencial poluidor da sede municipal é todo oriundo de contribuições domésticas.

4.1.3.3. Condições Sanitárias

Demandando muitos investimentos em infraestrutura e serviços de saneamento, tendo obtido seu pior índice IDESE (FEE, 2009) neste quesito, os serviços de esgotamento sanitário são precários em Barracão. Em virtude disso, observa-se elevados índices de ocorrência de doença diarreica aguda (DATASUS, 2012) (Figura 14), as quais são

diretamente relacionadas à precariedade nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

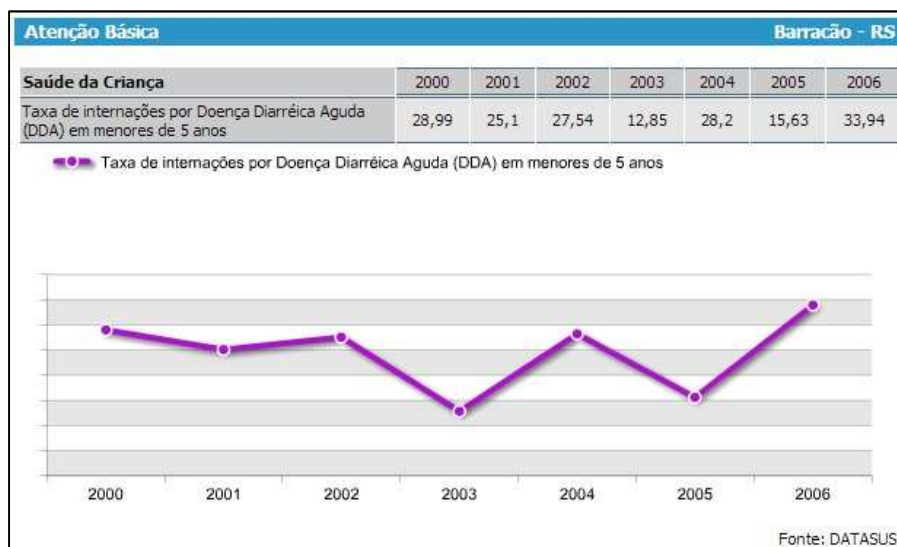


Figura 14: Histórico de internações por DDA

O sistema de abastecimento de água no município é operado pela CORSAN e é realizado de forma descentralizada. O sistema consta de 5 poços de captação subterrânea, com tratamento *in situ*, com cloração e fluoretação. Dada ao pequeno porte das indústrias existentes não há cadastro de grandes consumidores de água.

Já o sistema de esgotamento sanitário (Tabela 15) é completamente inexistente, sendo os domicílios dotados apenas de tanques sépticos (fossa séptica) ou fossas rudimentares, individuais, sem contar com acompanhamento operacional.

Tabela 15: Destino dos esgotos sanitários no município

Esgotamento sanitário	Domicílios	Moradores
Rede geral de esgoto ou pluvial	16	49
Fossa séptica	1.002	2.941
Fossa rudimentar	635	1.889
Vala	112	331
Rio, lago ou mar	5	16
Outro escoadouro	16	42
Não tinham banheiro nem sanitário	9	16
TOTAL	1.795	5.284

Fonte: IBGE, 2010

Os serviços de coleta e disposição final de resíduos, segundo informações da prefeitura municipal, são realizados de forma integral, inexistindo sistema de coleta seletiva. Os

resíduos sólidos urbanos são coletados em todo o perímetro urbano sob responsabilidade da própria prefeitura, que o encaminha a Usina de Reciclagem e Compostagem de Resíduos de propriedade do Consórcio Integrado São José do Ouro - Cacique Doble - Barracão - Tupanci do Sul, em São José do Ouro.

O serviço de drenagem urbana no município de Barracão é inexistente. Apesar disso as condições de macro e microdrenagem no município são satisfatórias, não ocorrendo situações de inundação ou alagamento. Esta situação ocorre devido as condições topográficas da zona urbana e a não existência de corpos hídricos de médio ou grande porte nas proximidades da mesma.

4.2. PROJEÇÃO POPULACIONAL

A projeção da evolução populacional para cada um dos municípios tem como objetivo prever as demandas para um horizonte de projeto, que foi definido neste trabalho como de 20 anos. As metodologias existentes para este tipo de estudo são diversas, e cada qual se aplica a um ou outro município de acordo com as características demográficas do mesmo e/ou de acordo com o histórico de dados de população existentes.

Tendo em vista que os três municípios em análise foram contemplados pela FUNASA, através do PAC2, para a elaboração de projetos de sistemas de esgotamento sanitário (em elaboração), e que nestes está sendo adotada a metodologia desenvolvida pela CORSAN em parceria com a Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul (FEE/RS), para este trabalho também foi adotada esta metodologia, descrita de forma mais detalhada no Anexo II.

Em linhas gerais, com a utilização dos Censos 2000 e 2010, do relatório de contagem populacional de 1996 e da malha de setores censitários do Rio Grande do Sul, todos obtidos através do site do IBGE, obteve-se a projeção populacional do município até o ano de 2040. A população do município foi então discriminada em população urbana, rural e flutuante (quando existente). Desta projeção retiraram-se os dados de interesse, ou seja, aqueles relacionados aos anos de projeto, que no caso deste estudo compreende-se entre os anos de 2012 e 2032.

No caso da existência de dois ou mais núcleos urbanos no município, determinou-se, através da malha de setores censitários, com auxílio de softwares de SIG, a população de cada um

destes. Porém, para isto considerou-se que a ocupação de cada um dos setores, em termos percentuais, é constante ao longo dos anos.

4.2.1. Arroio do Padre

Aplicando-se a metodologia acima especificada, determinou-se a projeção populacional para o município de Arroio do Padre, conforme Tabela 16. Considerando que, dada a existência de mais núcleos urbanos no município, definiu-se, pela malha censitária, que a população da sede corresponde a 46,92% da população urbana do município.

Visto que o município de Arroio do Padre é muito recente, não possuindo dados referentes a contagem de 1996, foi utilizado o modelo 2 (Anexo II) para calcular-se a projeção populacional. E, dadas as características do município, não foram considerados efeitos de população flutuante.

Tabela 16: Projeção populacional de Arroio do Padre

ANO	RS		Arroio do Padre			
	Taxa de Crescimento	População	Total	Urbana	Rural	Sede
2012	0,48%	10.799.964	2.791	479	2.312	225
2013	0,46%	10.849.699	2.820	491	2.329	230
2014	0,44%	10.897.838	2.848	504	2.344	236
2015	0,43%	10.944.425	2.875	516	2.359	242
2016	0,41%	10.989.503	2.901	528	2.373	248
2017	0,40%	11.033.114	2.927	541	2.386	254
2018	0,38%	11.075.299	2.951	553	2.398	259
2019	0,37%	11.116.099	2.975	565	2.410	265
2020	0,35%	11.155.553	2.998	577	2.421	271
2021	0,34%	11.193.702	3.020	582	2.439	273
2022	0,33%	11.230.584	3.042	586	2.456	275
2023	0,32%	11.266.236	3.063	590	2.473	277
2024	0,31%	11.300.695	3.083	594	2.489	279
2025	0,29%	11.333.997	3.102	597	2.505	280
2026	0,28%	11.366.178	3.121	601	2.520	282
2027	0,27%	11.397.271	3.139	604	2.534	284
2028	0,26%	11.427.311	3.156	608	2.549	285
2029	0,25%	11.456.331	3.173	611	2.562	287
2030	0,24%	11.484.362	3.190	614	2.575	288
2031	0,24%	11.511.435	3.205	617	2.588	290
2032	0,23%	11.537.581	3.221	620	2.600	291

4.2.2. Alegria

Aplicando-se a metodologia acima especificada, determinou-se a projeção populacional para o município de Alegria, conforme Tabela 17. Considerando que, dada a existência de mais núcleos urbanos no município, definiu-se, pela malha censitária, que a população da sede corresponde a 85,86% da população urbana do município.

Visto que nos últimos levantamentos demográficos tem-se observado uma diminuição da população total do município, foi utilizado o modelo 1 (Anexo II) para calcular-se a projeção populacional. Porém, apesar da diminuição da população total, até o ano de 2020 observa-se um aumento da população urbana. E, dadas as características do município, não foram considerados efeitos de população flutuante.

Tabela 17: Projeção populacional de Alegria

ANO	RS		Alegria			
	Taxa de Crescimento	População	Total	Urbana	Rural	Sede
2012	0,48%	10.799.964	4.295	1.638	2.658	1.398
2013	0,46%	10.849.699	4.293	1.666	2.626	1.422
2014	0,44%	10.897.838	4.290	1.695	2.595	1.447
2015	0,43%	10.944.425	4.287	1.723	2.564	1.471
2016	0,41%	10.989.503	4.285	1.752	2.533	1.495
2017	0,40%	11.033.114	4.282	1.781	2.502	1.520
2018	0,38%	11.075.299	4.280	1.809	2.471	1.544
2019	0,37%	11.116.099	4.278	1.838	2.440	1.569
2020	0,35%	11.155.553	4.276	1.866	2.409	1.593
2021	0,34%	11.193.702	4.274	1.865	2.408	1.592
2022	0,33%	11.230.584	4.272	1.865	2.407	1.592
2023	0,32%	11.266.236	4.270	1.864	2.406	1.591
2024	0,31%	11.300.695	4.268	1.863	2.405	1.590
2025	0,29%	11.333.997	4.266	1.862	2.404	1.589
2026	0,28%	11.366.178	4.264	1.861	2.403	1.589
2027	0,27%	11.397.271	4.263	1.861	2.402	1.588
2028	0,26%	11.427.311	4.261	1.860	2.401	1.588
2029	0,25%	11.456.331	4.259	1.859	2.400	1.587
2030	0,24%	11.484.362	4.258	1.858	2.399	1.586
2031	0,24%	11.511.435	4.256	1.858	2.398	1.586
2032	0,23%	11.537.581	4.255	1.857	2.398	1.585

4.2.3. Barracão

Aplicando-se a metodologia acima especificada, determinou-se a projeção populacional para o município de Barracão, conforme Tabela 18. Considerando que, dada a existência de mais núcleos urbanos no município, definiu-se, pela malha censitária, que a população da sede corresponde a 94,34% da população urbana do município.

Visto que entre os dois últimos censos demográficos observou-se uma diminuição da população total do município, foi utilizado o modelo 1 (Anexo II) para calcular-se a projeção populacional. E, dadas as características do município, não foram considerados efeitos de população flutuante.

Tabela 18: Projeção populacional de Barracão

ANO	RS		Barracão			
	Taxa de Crescimento	População	Total	Urbana	Rural	Sede
2012	0,48%	10.799.964	5.388	3.131	2.258	2.953
2013	0,46%	10.849.699	5.403	3.179	2.224	2.999
2014	0,44%	10.897.838	5.418	3.228	2.190	3.045
2015	0,43%	10.944.425	5.432	3.277	2.155	3.091
2016	0,41%	10.989.503	5.445	3.325	2.120	3.137
2017	0,40%	11.033.114	5.458	3.374	2.085	3.183
2018	0,38%	11.075.299	5.471	3.422	2.049	3.229
2019	0,37%	11.116.099	5.483	3.471	2.013	3.274
2020	0,35%	11.155.553	5.495	3.519	1.976	3.320
2021	0,34%	11.193.702	5.507	3.526	1.980	3.327
2022	0,33%	11.230.584	5.518	3.533	1.984	3.333
2023	0,32%	11.266.236	5.529	3.540	1.988	3.340
2024	0,31%	11.300.695	5.539	3.547	1.992	3.346
2025	0,29%	11.333.997	5.549	3.553	1.996	3.352
2026	0,28%	11.366.178	5.559	3.560	1.999	3.358
2027	0,27%	11.397.271	5.568	3.566	2.002	3.364
2028	0,26%	11.427.311	5.577	3.571	2.006	3.369
2029	0,25%	11.456.331	5.586	3.577	2.009	3.374
2030	0,24%	11.484.362	5.594	3.582	2.012	3.379
2031	0,24%	11.511.435	5.602	3.588	2.015	3.384
2032	0,23%	11.537.581	5.610	3.593	2.018	3.389

4.3. BACIAS HIDROSSANITÁRIAS

No desenvolvimento de projetos de sistemas de esgotamento sanitário uma das etapas mais importantes constitui-se na divisão das bacias hidrossanitárias. Esta divisão é realizada em

função, principalmente, da topografia da área em estudo, de forma que uma bacia hidrossanitária constitui uma área em que todo o efluente sanitário gerado dentro da mesma é drenado por gravidade a um único ponto. A quantidade, tamanho e distribuição das bacias determina o número de estações elevatórias e de tratamento a adotar-se para cada sistema.

Neste trabalho a divisão de bacias foi realizada com a utilização de software de SIG, sendo o mapa topográfico gerado a partir do modelo digital do terreno disponibilizado gratuitamente pelo Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Utilizou-se ainda, como apoio, o software GoogleEarth, a fim de determinar os limites da área urbana.

Após a divisão das bacias hidrossanitárias definiu-se a população de cada uma delas em função da área das mesmas, utilizando como ferramenta de apoio para validação da metodologia e dos resultados obtidos a malha censitária do IBGE.

4.3.1. Arroio do Padre

Arroio do Padre, por localizar-se em cima de uma colina, tendo o centro do núcleo urbano na cota mais alta, foi dividido em três bacias hidrossanitárias, conforme Figura 15. A sede urbana foi considerada como sendo todo o setor censitário denominado Centro no Censo 2010 (IBGE, 2010), e, sendo assim, toda área de projeto é abrangida por um único setor censitário, portanto a divisão da população das bacias (Tabela 19) se deu em função da área das mesmas.

Tabela 19: População por bacia hidrossanitária – Arroio do Padre

Bacia	Área (km ²)	Setor Censitário	% Setor	Pop 2012	Pop 2032	Rede Viária (km)
1	0,441665	430107305000001	33,95	76	99	1,94
2	0,450776	430107305000001	34,65	78	101	2,24
3	0,408375	430107305000001	31,39	71	91	2,28

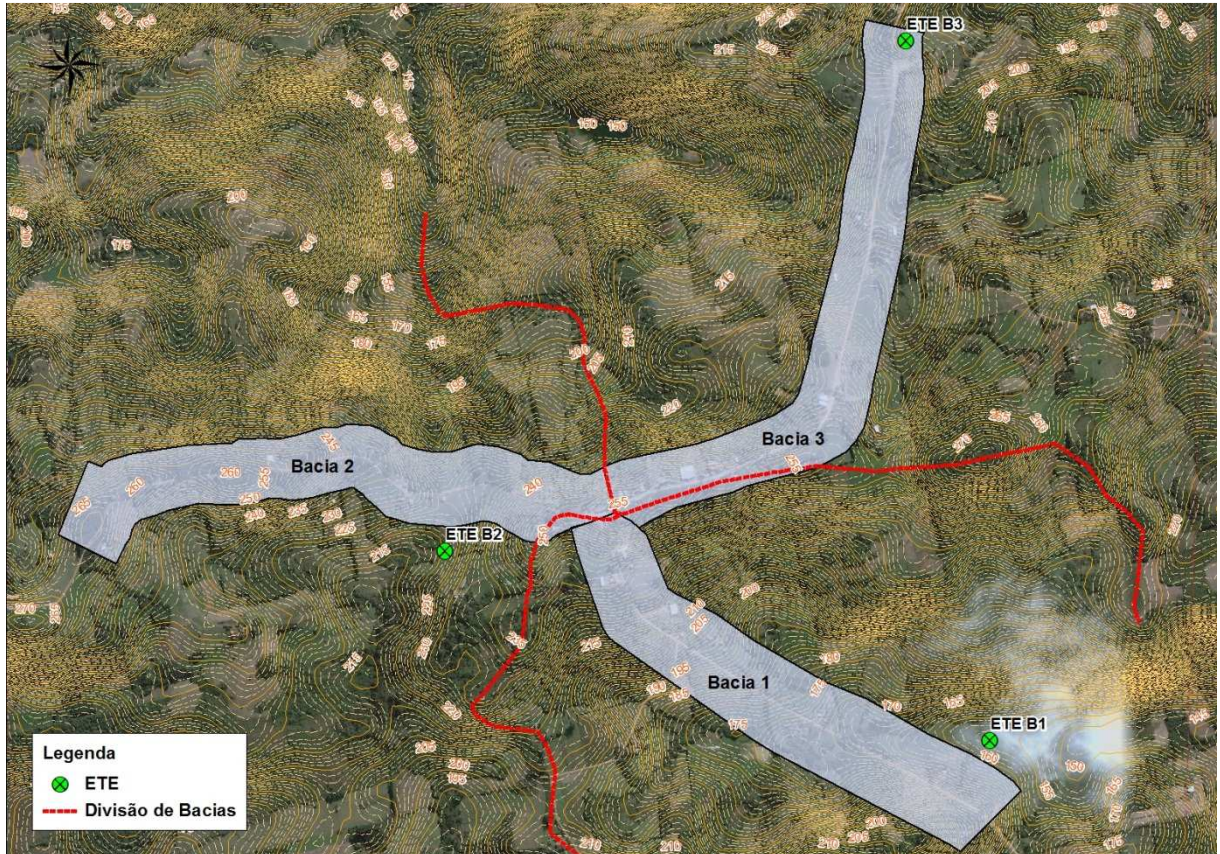


Figura 15: Divisão de Bacias de Arroio do Padre

4.3.2. Alegria

Alegria, por localizar-se numa região de planalto de relevo acidentado, possui topografia irregular, sem caracterizar-se por um ou outro acidente geográfico, o que faz com que o mesmo seja dividido em cinco bacias hidrossanitárias, conforme Figura 16. A área urbana foi considerada como sendo a área urbanizada abrangida por todos os setores censitários considerados urbanos no censo (IBGE, 2010), a exceção de um setor de tipo urbano, que por estar consideravelmente afastado do restante da zona urbana não foi considerado. Sendo assim, a divisão da população das bacias (Tabela 20) se deu de forma proporcional a área de cada setor abrangida por cada bacia hidrossanitária.

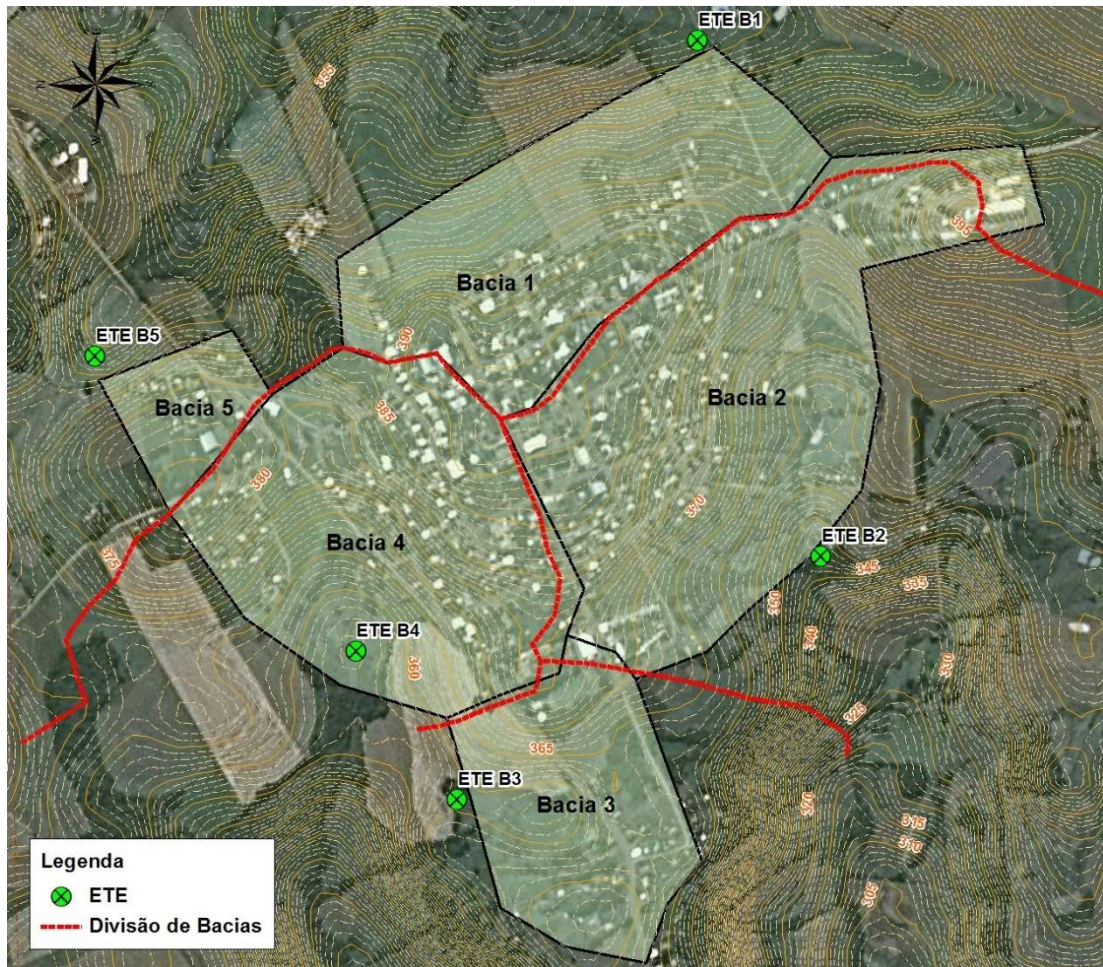


Figura 16: Divisão de Bacias de Alegria

Tabela 20: População por bacia hidrossanitária – Alegria

Bacia	Área (km ²)	Setor Censitário	% Setor	Pop 2012	Pop 2032	Rede Viária (km)
1	0,1610	430045505000001	26,76	241	273	2,01
		430045505000002	12,35			
2	0,2725	430045505000001	73,24	442	502	3,85
		430045505000002	10,23			
3	0,2020	430045505000002	23,35	215	244	1,32
4	0,2858	430045505000002	46,60	430	488	4,28
5	0,0601	430045505000002	7,46	69	78	0,80

4.3.3. Barracão

Barracão, assim como Alegria, por localizar-se numa região de planalto, possui topografia irregular, sem caracterizar-se por um ou outro acidente geográfico, o que faz com que o mesmo seja dividido em seis bacias hidrossanitárias (Figura 17). A área urbana foi considerada como sendo a área urbanizada abrangida por todos os setores censitários

considerados urbanos no censo (IBGE, 2010), a exceção de um setor de tipo urbano, que por ser um distrito industrial e consideravelmente afastado do restante da zona urbana, e outro correspondente a um distrito afastado, que não foram considerados. Sendo assim, a divisão da população das bacias (Tabela 21) se deu de forma proporcional a área de cada setor abrangida por cada bacia hidrossanitária.

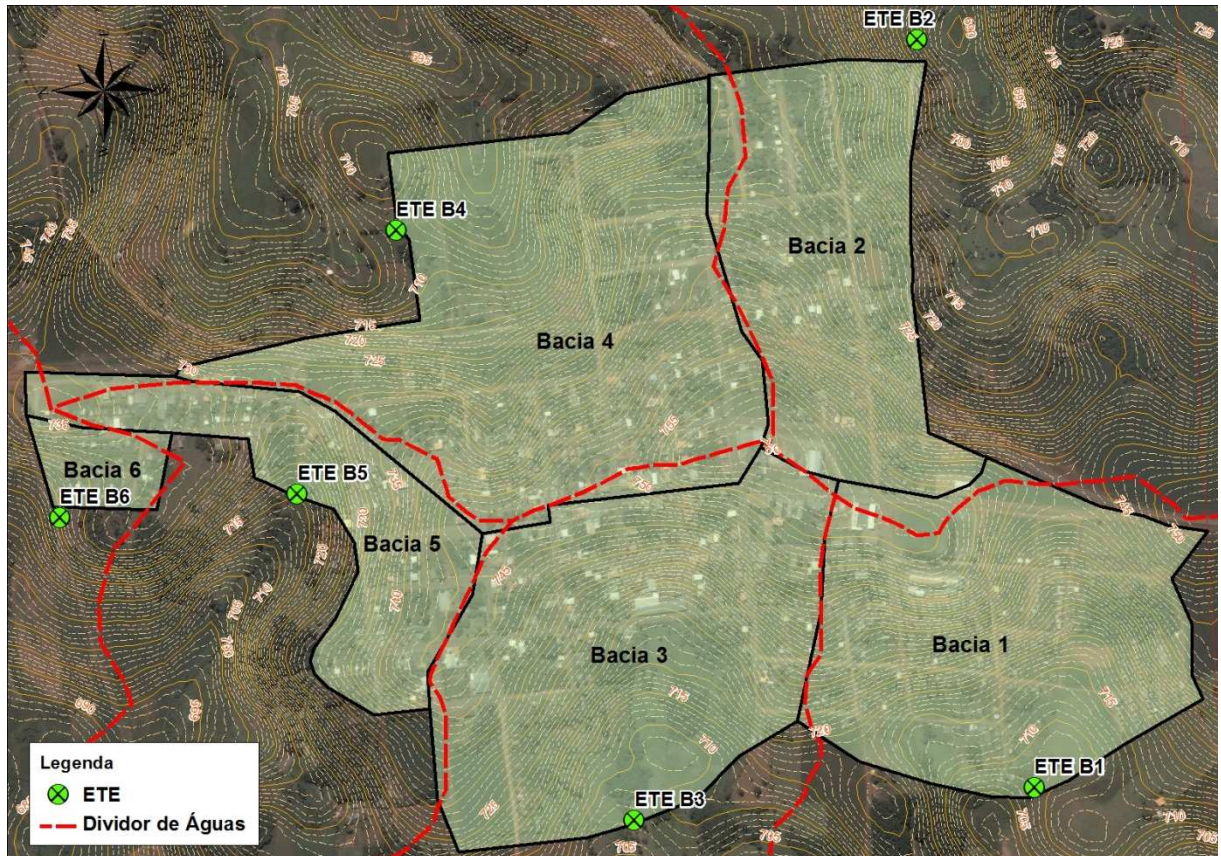


Figura 17: Divisão de Bacias de Barracão

Tabela 21: População por bacia hidrossanitária – Barracão

Bacia	Área (km ²)	Setor Censitário	% Setor	Pop 2012	Pop 2032	Rede Viária (km)
1	0,395391	430180005000001	42,73	585	672	5,70
		430180005000015	100,00			
2	0,307425	430180005000001	10,53	416	478	4,10
		430180005000004	49,16			
		430180005000001	34,29			
3	0,44412	430180005000002	21,66	616	707	4,69
		430180005000016	59,02			
		430180005000001	12,45			
4	0,542839	430180005000002	61,41	775	889	6,71
		430180005000003	9,82			
		430180005000004	50,84			
		430180005000002	16,92			
5	0,193663	430180005000003	58,02	435	500	3,27
		430180005000016	40,98			
6	0,038855	430180005000003	32,16	125	143	0,75

4.4. VAZÕES E CARGAS DOS ESGOTOS SANITÁRIOS

As vazões e cargas efluentes de cada bacia hidrossanitária foram calculadas de acordo com as fórmulas e parâmetros determinados no item 2.2, que seguem orientação de normas técnicas e valores consolidados também pela experiência prática, conforme relatado na revisão bibliográfica.

4.4.1. Arroio do Padre

As vazões e cargas efluentes de cada uma das bacias hidrossanitárias de Arroio do Padre estão descritas nas Tabelas 22, 23 e 24.

Tabela 22: Vazões efluentes – Arroio do Padre

Bacia	Pop 2012 habitantes	Pop 2032 habitantes	Q _{infiltração} L/s	Q _{doméstica} (L/s)			Q _{Efluente} (L/s)		
				Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
1	76	99	0,29	0,11	0,14	0,25	0,40	0,43	0,54
2	78	101	0,34	0,11	0,14	0,25	0,44	0,48	0,59
3	71	91	0,34	0,10	0,13	0,23	0,44	0,47	0,57

Tabela 23: Carga poluente efluente – Arroio do Padre

Bacia	Pop 2012 habitantes	Pop 2032	Q _{média efluente} m ³ /d	DBO ₅ ²⁰		Sólidos Suspensos	
				kg/d	mg/L	kg/d	mg/L
1	76	99	37,02	5,33	144,09	5,93	160,10
2	78	101	41,19	5,44	132,19	6,05	146,88
3	71	91	40,53	4,93	121,72	5,48	135,24

Tabela 24: Carga poluente efluente – Arroio do Padre (Continuação)

Bacia	N _{total}		P _{total}		Coliformes Totais	
	kg/d	mg/L	kg/d	mg/L	org/d	org/100 ml
1	0,79	21,35	0,25	6,67	9,88E+11	2,67E+04
2	0,81	19,58	0,25	6,12	1,01E+12	2,45E+04
3	0,73	18,03	0,23	5,64	9,13E+11	2,25E+04

4.4.2. Alegria

As vazões e cargas efluentes de cada uma das bacias hidrossanitárias de Alegria estão descritas nas Tabelas 25, 26 e 27.

Tabela 25: Vazões efluentes – Alegria

Bacia	Pop 2012 habitantes	Pop 2032	Q _{infiltração} L/s	Q _{doméstica} (L/s)			Q _{efluente} (L/s)		
				Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
1	241	273	0,30	0,33	0,38	0,68	0,64	0,68	0,99
2	442	502	0,58	0,61	0,70	1,25	1,19	1,27	1,83
3	215	244	0,20	0,30	0,34	0,61	0,50	0,54	0,81
4	430	488	0,64	0,60	0,68	1,22	1,24	1,32	1,86
5	69	78	0,12	0,10	0,11	0,20	0,22	0,23	0,32

Tabela 26: Carga poluente efluente – Alegria

Bacia	Pop 2012 habitantes	Pop 2032	Q _{média efluente} m ³ /d	DBO ₅ ²⁰		Sólidos Suspensos	
				kg/d	mg/L	kg/d	mg/L
1	241	273	58,90	14,77	250,71	16,41	278,57
2	442	502	110,11	27,10	246,09	30,11	273,44
3	215	244	46,40	13,20	284,40	14,66	316,00
4	430	488	113,91	26,33	231,13	29,25	256,81
5	69	78	19,78	4,22	213,18	4,68	236,87

Tabela 27: Carga poluente efluente – Alegria (Continuação)

Bacia	N _{total}		P _{total}		Coliformes Totais	
	kg/d	mg/L	kg/d	mg/L	org/d	org/100 ml
1	2,19	37,14	0,68	11,61	2,73E+12	4,64E+04
2	4,01	36,46	1,25	11,39	5,02E+12	4,56E+04
3	1,95	42,13	0,61	13,17	2,44E+12	5,27E+04
4	3,90	34,24	1,22	10,70	4,88E+12	4,28E+04
5	0,62	31,58	0,20	9,87	7,81E+11	3,95E+04

4.4.3. Barracão

As vazões e cargas efluentes de cada uma das bacias hidrossanitárias de Barracão estão descritas nas Tabelas 28, 29 e 30.

Tabela 28: Vazões efluentes – Barracão

Bacia	Pop 2012 habitantes	Pop 2032	Q _{infiltração} L/s	Q _{doméstica} (L/s)			Q _{efluente} (L/s)		
				Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima
1	585	672	0,86	0,81	0,93	1,68	1,67	1,79	2,53
2	416	478	0,61	0,58	0,66	1,19	1,19	1,28	1,81
3	616	707	0,70	0,86	0,98	1,77	1,56	1,69	2,47
4	775	889	1,01	1,08	1,24	2,22	2,08	2,24	3,23
5	435	500	0,49	0,60	0,69	1,25	1,09	1,18	1,74
6	125	143	0,11	0,17	0,20	0,36	0,29	0,31	0,47

Tabela 29: Carga poluente efluente – Barracão

Bacia	Pop 2012 habitantes	Pop 2032	Q _{média efluente} m ³ /d	DBO ₅ ²⁰		Sólidos Suspensos	
				kg/d	mg/L	kg/d	mg/L
1	585	672	154,52	36,27	234,75	40,30	260,83
2	416	478	110,48	25,81	233,59	28,67	259,54
3	616	707	145,62	38,18	262,21	42,43	291,34
4	775	889	193,67	48,02	247,96	53,36	275,51
5	435	500	102,29	26,98	263,76	29,98	293,07
6	125	143	26,88	7,75	288,21	8,61	320,23

Tabela 30: Carga poluente efluente – Barracão (Continuação)

Bacia	N _{total}		P _{total}		Coliformes Totais	
	kg/d	mg/L	kg/d	mg/L	org/d	org/100 ml
1	5,37	34,78	1,68	10,87	6,72E+12	4,35E+04
2	3,82	34,61	1,19	10,81	4,78E+12	4,33E+04
3	5,66	38,85	1,77	12,14	7,07E+12	4,86E+04
4	7,11	36,74	2,22	11,48	8,89E+12	4,59E+04
5	4,00	39,08	1,25	12,21	5,00E+12	4,88E+04
6	1,15	42,70	0,36	13,34	1,43E+12	5,34E+04

4.5.SISTEMA DE TRATAMENTO E EFLUENTE FINAL

Determinadas as vazões e cargas afluentes ao sistema de tratamento, para prever-se a capacidade de atendimento da legislação ambiental foram aplicados os índices de tratamento usualmente observados (Tabela 8) em sistemas simplificados, constituídos de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio. Foram previstas unidades comunitárias/condominiais, na quantidade de uma unidade por bacia hidrossanitária, calculando-se a área demandada estimada para sua implantação.

Sendo o lodo de ETE um subproduto deste sistema de tratamento, e considerando que o mesmo demanda um tratamento específico, foi calculada também a área demanda para a instalação de secadores de lodo para cada município, prevendo-se o esgotamento do lodo de cada uma das unidades a cada seis meses, porém, em períodos não concomitantes.

4.5.1. Arroio do Padre

Considerando que a vazão e a carga efluentes das bacias correspondem ao afluente do sistema de tratamento, e que o efluente de tal sistema corresponde ao esgoto tratado chegou-se ao resultado do tratamento para Arroio do Padre, exposto nas Tabelas 31 e 32:

Tabela 31: Efluente tratado – Arroio do Padre

Bacia	Vazão (m ³ /d)	DBO ₅ ²⁰ (mg/L)		Sólidos Suspensos (mg/L)	
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	37,02	144,09	28,82	160,10	1,60
2	41,19	132,19	26,44	146,88	1,47
3	40,53	121,72	24,34	135,24	1,35

Comparando-se com os parâmetros de lançamentos de efluentes em corpos d'água, estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128 (Rio Grande do Sul, 2006), observa-se o pleno atendimento à norma, inclusive com concentrações efluentes de DBO_5^{20} e SS muito abaixo daquelas exigidas para a vazão de referência ($20 \text{ m}^3/\text{d} < Q < 100 \text{ m}^3/\text{d}$), no caso $150 \text{ mg O}_2/\text{L}$ e $160 \text{ mg SS}/\text{L}$. Ressalta-se que a quase completa remoção de sólidos suspensos ocorre devido ao longo tempo de detenção do efluente sanitário no tanque séptico.

Tabela 32: Efluente Tratado – Arroio do Padre (Continuação)

Bacia	Vazão (m^3/d)	N_{total} (mg/L)		P_{total} (mg/L)		Coliformes Totais (org/100 ml)	
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	37,02	21,35	17,08	6,67	5,67	2,67E+04	5,34E+03
2	41,19	19,58	15,67	6,12	5,20	2,45E+04	4,90E+03
3	40,53	18,03	14,43	5,64	4,79	2,25E+04	4,51E+03

Apesar de não objetáveis para a vazão efluente do sistema de esgotamento sanitário de Arroio do Padre, inferior a $200 \text{ m}^3/\text{d}$, os parâmetros fósforo e coliformes fecais são satisfatórios, uma vez que estão adequados aos padrões de lançamento para vazões 20 vezes superiores a observada, ou ainda maiores. Quanto ao parâmetro nitrogênio, a resolução refere-se apenas ao nitrogênio amoniacal, que na caracterização mostrou representar cerca de 56,0% do nitrogênio total. Considerando-se esta razão de nitrogênio afluente, e que o nitrogênio amoniacal não é degradado em ambiente anaeróbio, consideramos que a concentração efluente é igual à afluente, que neste caso satisfaz ao parâmetro exigido pela Resolução CONSEMA 128 (inferior a $20 \text{ mg N}/\text{L}$).

Ressalta-se o fato de que com um sistema descentralizado os corpos receptores serão diferentes entre os sistemas, garantindo a não concentração do efluente em um mesmo corpo d'água. Porém, mesmo que para efeitos de licenciamento fosse considerada a soma das vazões e cargas, o sistema possui viabilidade técnica de pleno atendimento à legislação ambiental em vigor, à exceção do nitrogênio amoniacal.

Para o lodo gerado, prevê-se a implantação de leitos de secagem junto a uma das unidades de tratamento, de forma a possibilitar o deságue do lodo para a sua destinação final. Conforme se pode observar na Tabela 33, a área demanda para o tanque séptico e o filtro de cada uma das bacias é de, aproximadamente, $25,0 \text{ m}^2$. Enquanto isso, a área destinada aos secadores de lodo é de aproximadamente $490,0 \text{ m}^2$, uma vez que a retirada do lodo de cada um dos sistemas pode ser realizada em períodos diferentes.

Tabela 33: Área estimada para o(s) sistema(s) de tratamento – Arroio do Padre

Bacia	Pop (hab)	Q _{todo}		Área (m ²)		Total
		m ³ /d	m ³ /semestre	Tanque + Filtro	Secadores de Lodo	
1	99	0,20	35,57	25,69	474,21	499,89
2	101	0,20	36,30	26,22	483,99	510,20
3	91	0,18	32,88	23,75	438,46	462,21
Total	291	0,58	104,75	75,65	1.396,66	1.472,31

4.5.2. Alegria

Considerando que a vazão e a carga efluentes das bacias correspondem ao afluente do sistema de tratamento, e que o efluente de tal sistema corresponde ao esgoto tratado chegou-se ao resultado do tratamento para Alegria, exposto nas Tabelas 34 e 35:

Tabela 34: Efluente tratado – Alegria

Bacia	Vazão (m ³ /d)	DBO ₅ ²⁰ (mg/L)		Sólidos Suspensos (mg/L)	
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	58,90	250,71	50,14	278,57	2,79
2	110,11	246,09	49,22	273,44	2,73
3	46,40	284,40	56,88	316,00	3,16
4	113,91	231,13	46,23	256,81	2,57
5	19,78	213,18	42,64	236,87	2,37

Comparando-se com os parâmetros de lançamentos de efluentes em corpos d'água, estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128 (Rio Grande do Sul, 2006), observa-se o pleno atendimento à norma, inclusive com concentrações efluentes de DBO e SS abaixo daquelas exigidas para a vazão de referência (Bacias 1, 3 e 5: $20 \text{ m}^3/\text{d} < Q < 100 \text{ m}^3/\text{d}$; Bacias 2 e 4: $100 \text{ m}^3/\text{d} < Q < 500 \text{ m}^3/\text{d}$), no caso $150 \text{ mg O}_2/\text{L}$ e $160 \text{ mg SS}/\text{L}$ para as bacias 1, 3 e 5 e $120 \text{ mg O}_2/\text{L}$ e $140 \text{ mg SS}/\text{L}$ para as bacias 2 e 4. Ressalta-se que a quase completa remoção de sólidos suspensos ocorre devido ao longo tempo de detenção do efluente sanitário no tanque séptico.

Tabela 35: Efluente Tratado – Alegria (Continuação)

Bacia	Vazão (m³/d)	N _{total} (mg/L)		P _{total} (mg/L)		Coliformes Totais (org/100 ml)	
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	58,90	37,14	29,71	11,61	9,87	4,64E+04	9,29E+03
2	110,11	36,46	29,17	11,39	9,68	4,56E+04	9,11E+03
3	46,40	42,13	33,71	13,17	11,19	5,27E+04	1,05E+04
4	113,91	34,24	27,39	10,70	9,10	4,28E+04	8,56E+03
5	19,78	31,58	25,27	9,87	8,39	3,95E+04	7,90E+03

Apesar de não objetáveis para a vazão efluente do sistema de esgotamento sanitário de Alegria, inferior a 200 m³/d, os parâmetros fósforo e coliformes fecais são atendidos, uma vez que estão adequados aos padrões de lançamento para vazões 20 vezes superiores a observada, ou ainda maiores. Quanto ao parâmetro nitrogênio, a resolução refere-se apenas ao nitrogênio amoniacal, que na caracterização mostrou representar cerca de 56,0% do nitrogênio total. Considerando-se esta razão de nitrogênio afluente, e que o nitrogênio amoniacal não é degradado em ambiente anaeróbio, consideramos que a concentração efluente é igual à afluente, que neste caso não satisfaz plenamente ao parâmetro exigido pela Resolução CONSEMA 128 (inferior a 20 mg N/L), encontrando-se ligeiramente superior para as bacias 1 (20,89 mg N/L), 2 (20,51 mg N/L) e 3 (23,70 mg N/L).

Porém, a fim de obter-se remoção ainda maiores nos parâmetros fósforo e coliformes, para aqueles sistemas com concentração superior a 10 mg/L de fósforo (bacia 3), sugere-se a introdução de um sistema complementar do tipo banhados construídos. Este sistema proporciona a remoção de nutrientes pela vegetação, proporcionando o crescimento da mesma, e assim sendo, espera-se com este aumentar significativamente a remoção de fósforo, nitrogênio amoniacal e coliformes. Posteriormente, esta vegetação pode ser utilizada na agricultura ou para alimentação animal, dependendo das espécies adotadas.

Ressalta-se o fato de que com um sistema descentralizado os corpos receptores serão diferentes entre os sistemas, garantindo a não concentração do efluente em um mesmo corpo d'água. Porém, mesmo que para efeitos de licenciamento fosse considerada a soma das vazões e cargas, o sistema possui viabilidade técnica de pleno atendimento à legislação ambiental em vigor, à exceção do nitrogênio amoniacal.

Para o lodo gerado, prevê-se a implantação de leitos de secagem junto a uma das unidades de tratamento, de forma a possibilitar o deságue do lodo para a sua destinação final. Conforme se pode observar na Tabela 36, a área demanda para o tanque séptico e o filtro de cada uma das bacias é bastante variável, dados os diferentes tamanhos das bacias. Enquanto isso, a área destinada aos secadores de lodo é de aproximadamente 2.400,0 m², uma vez que

a retirada do lodo de cada um dos sistemas pode ser realizada em períodos diferentes, devendo-se estabelecer um cronograma de retirada do lodo que permita a utilização da menor área possível.

Tabela 36: Área estimada para o(s) sistema(s) de tratamento – Alegria

Bacia	Pop (hab)	Q _{lodo}		Área (m ²)		
		m ³ /d	m ³ /semestre	Tanque + Filtro	Secadores de Lodo	Total
1	273	0,55	98,45	71,11	1.312,72	1.383,82
2	502	1,00	180,65	130,47	2.408,64	2.539,11
3	244	0,49	87,97	63,53	1.172,95	1.236,48
4	488	0,98	175,52	126,77	2.340,29	2.467,05
5	78	0,16	28,11	20,30	374,77	395,07
Total	1.585	3,17	570,70	412,17	7.609,36	8.021,54

4.5.3. Barracão

Considerando que a vazão e a carga efluentes das bacias correspondem ao afluente do sistema de tratamento, e que o efluente de tal sistema corresponde ao esgoto tratado chegou-se ao resultado do tratamento para Barracão, exposto nas Tabelas 37 e 38:

Tabela 37: Efluente tratado – Barracão

Bacia	Vazão (m ³ /d)	DBO ₅ ²⁰ (mg/L)		Sólidos Suspensos (mg/L)	
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	154,52	234,75	46,95	260,83	2,61
2	110,48	233,59	46,72	259,54	2,60
3	145,62	262,21	52,44	291,34	2,91
4	193,67	247,96	49,59	275,51	2,76
5	102,29	263,76	52,75	293,07	2,93
6	26,88	288,21	57,64	320,23	3,20

Comparando-se com os parâmetros de lançamentos de efluentes em corpos d'água, estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128 (Rio Grande do Sul, 2006), observa-se o pleno atendimento à norma, inclusive com concentrações efluentes de DBO e SS abaixo daquelas exigidas para a vazão de referência (Bacia 6: $20 \text{ m}^3/\text{d} < Q < 100 \text{ m}^3/\text{d}$; Bacias 1, 2, 3, 4 e 5: $100 \text{ m}^3/\text{d} < Q < 500 \text{ m}^3/\text{d}$), no caso $150 \text{ mg O}_2/\text{L}$ e $160 \text{ mg SS}/\text{L}$ para a bacias 6 e $120 \text{ mg O}_2/\text{L}$ e $140 \text{ mg SS}/\text{L}$ para as bacias 1, 2, 3, 4 e 5. Ressalta-se que a quase completa

remoção de sólidos suspensos ocorre devido ao longo tempo de detenção do efluente sanitário no tanque séptico.

Tabela 38: Efluente Tratado – Barracão (Continuação)

Bacia	Vazão (m ³ /d)	N _{total} (mg/L)		P _{total} (mg/L)		Coliformes Totais (org/100 ml)	
		Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente
1	154,52	34,78	27,82	10,87	9,24	4,35E+04	8,69E+03
2	110,48	34,61	27,68	10,81	9,19	4,33E+04	8,65E+03
3	145,62	38,85	31,08	12,14	10,32	4,86E+04	9,71E+03
4	193,67	36,74	29,39	11,48	9,76	4,59E+04	9,18E+03
5	102,29	39,08	31,26	12,21	10,38	4,88E+04	9,77E+03
6	26,88	42,70	34,16	13,34	11,34	5,34E+04	1,07E+04

Apesar de não objetáveis para a vazão efluente do sistema de esgotamento sanitário de Barracão, inferior a 200 m³/d, os parâmetros fósforo e coliformes fecais são atendidos, uma vez que estão adequados aos padrões de lançamento para vazões 10 vezes superiores a observada, ou ainda maiores. Quanto ao parâmetro nitrogênio, a resolução refere-se apenas ao nitrogênio amoniacal, que na caracterização mostrou representar cerca de 56,0% do nitrogênio total. Considerando-se esta razão de nitrogênio afluente, e que o nitrogênio amoniacal não é degradado em ambiente anaeróbio, consideramos que a concentração efluente é igual à afluente, que neste caso não satisfaz plenamente ao parâmetro exigido pela Resolução CONSEMA 128 (inferior a 20 mg N/L), encontrando-se ligeiramente superior para as bacias 3 (21,85 mg N/L), 4 (20,66 mg N/L), 5 (21,98 mg N/L) e 3 (24,02 mg N/L). Porém, a fim de obter-se remoção ainda maiores nos parâmetros fósforo e coliformes, para aqueles sistemas com concentração superior a 10 mg/L de fósforo (bacias 3, 5 e 6), sugere-se a introdução de um sistema complementar do tipo banhados construídos. Este sistema proporciona a remoção de nutrientes pela vegetação, proporcionando o crescimento da mesma, e assim sendo, espera-se com este aumentar significativamente a remoção de fósforo, nitrogênio amoniacal e coliformes. Posteriormente, esta vegetação pode ser utilizada na agricultura ou para alimentação animal, dependendo das espécies adotadas. Ressalta-se o fato de que com um sistema descentralizado os corpos receptores serão diferentes entre os sistemas, garantindo a não concentração do efluente em um mesmo corpo d'água. Porém, mesmo que para efeitos de licenciamento fosse considerada a soma das vazões e cargas, o sistema possui viabilidade técnica de pleno atendimento à legislação ambiental em vigor, à exceção do nitrogênio amoniacal.

Para o lodo gerado, prevê-se a implantação de leitos de secagem junto a uma das unidades de tratamento, de forma a possibilitar o deságue do lodo para a sua destinação final. Conforme se pode observar na Tabela 39, a área demanda para o tanque séptico e o filtro de cada uma das bacias é de bastante variável, dados diferentes tamanhos das bacias. Enquanto isso, a área destinada aos secadores de lodo é de aproximadamente 4.300,0 m², uma vez que a retirada do lodo de cada um dos sistemas pode ser realizada em períodos diferentes, devendo-se estabelecer um cronograma de retirada do lodo que permita a utilização da menor área possível.

Tabela 39: Área estimada para o(s) sistema(s) de tratamento – Barracão

Bacia	Pop (hab)	Q _{lodo}		Área (m ²)		
		m ³ /d	m ³ /semestre	Fossa + Filtro	Secadores de Lodo	Total
1	672	1,34	241,82	174,65	3.224,22	3.398,86
2	478	0,96	172,04	124,25	2.293,88	2.418,14
3	707	1,41	254,55	183,84	3.394,01	3.577,85
4	889	1,78	320,16	231,22	4.268,76	4.499,98
5	500	1,00	179,87	129,90	2.398,24	2.528,14
6	143	0,29	51,64	37,29	688,50	725,80
Total	3.246	6,49	1168,43	843,87	15.579,11	16.422,97

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Tendo sido elaborada a análise da eficácia do tratamento por sistemas simplificados, constituído de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio com base nas eficiências estabelecidas no subcapítulo 2.3.3, pode-se observar a capacidade desta metodologia de tratamento em atender a resolução CONSEMA 128/2006, conforme a Tabela 40. Apesar de esta resolução ter restringido os parâmetros de lançamento de efluentes em relação à legislação nacional, CONAMA 357/2005, o tratamento simplificado mostrou-se como uma alternativa de aplicação viável a municípios de pequeno porte. Isto, porém, não significa dizer que é a melhor solução para tais municípios, mas sim que deve ser uma das alternativas a serem consideradas quando da elaboração da concepção a adotar-se.

Tabela 40: Atendimento à CONSEMA 128/2006

Parâmetro	Arroio do Padre				Alegria						Barracão						
	B1	B2	B3	Total	B1	B2	B3	B4	B5	Total	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Total
DBO																	
SS																	
N _{total}																	
N _{amoniacal}																	
P _{total}																	
Colif. Totais																	

■ Não conformidade;
■ Conformidade (Ressalva do autor)
■ Conformidade

Ressalta-se que, uma vez que os SES sugeridos e considerados são descentralizados e consideram a utilização de corpos receptores diversos, estes atendem satisfatoriamente as normas ambientais vigentes para cada um dos sistemas individualmente. Esta premissa se faz verdadeira também na hipótese de se considerar um único sistema, com um único ponto de lançamento em um único corpo receptor para cada um dos municípios. Isto porque todos estes atendem satisfatoriamente os parâmetros de lançamento estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128, à exceção do parâmetro Nitrogênio Amoniacal, que, apesar de demandar mais estudos a cerca da capacidade de remoção do sistema proposto, encontra-se com concentrações efluentes muito próximas à máxima permitida (20 mg N/L).

Os resultados obtidos, apesar de estarem sempre de acordo com a normativa vigente, chamaram especial atenção em relação aos parâmetros fósforo e coliformes. Apesar de

serem considerados não objetáveis para a faixa de vazão estudada, apresentaram valores relativamente altos, superiores aos esperados. Porém, identificou-se que esta variação de concentração não está diretamente relacionada a uma maior população, se não a densidade populacional das bacias hidrossanitárias afetadas, o que não permitiu concluir a respeito da capacidade do tratamento frente à população total dos municípios para estes parâmetros. Então, a partir desta análise inicial, adotando-se como premissa o resguardo quanto a preservação ambiental, e considerando-se que os mananciais receptores do efluente tratado tendem a ser corpos d'água de pequeno porte, ressalta-se a necessidade de prever-se a implantação de possível sistema terciário de tratamento, capaz de realizar o “polimento” do efluente final.

A complementação do sistema com um tratamento adicional, porém, não corresponde a inviabilização do sistema, uma vez que apenas algumas bacias hidrossanitárias demandariam tal complementação, e que, dadas as pequenas vazões, a área ocupada pela mesma tende a ser de tamanho razoável, sem impedir sua implantação. Além disso, propõe-se a adoção de sistemas “naturais”, como banhados construídos ou lagoas de maturação, que não demandam a presença constante de operador e são de simples manutenção.

6. CASO PRÁTICO – EXPERIÊNCIA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA DAS MISSÕES

Campina das Missões, um município de população urbana de, aproximadamente, 2.200 habitantes (IBGE, 2010), iniciou no ano de 1997 a busca por uma solução adequada a problemática do esgotamento sanitário. Após ver-se obrigada a abandonar a captação subterrânea de água para abastecimento, devido à contaminação do manancial por coliformes fecais, a população deparou-se com uma realidade preocupante: o rio Tumurupará, que corta a cidade e era a melhor opção para captação superficial de água para abastecimento, encontrava-se extremamente degradado devido ao lançamento de esgoto cloacal do próprio município.

Em parceria com a FUNASA, e auxílio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), o município desenvolveu um projeto adequado a realidade do município, ou seja, de baixo custo de implantação, de fácil operação e que propiciasse a constante melhora da qualidade d'água do rio Tumurupará.

O sistema proposto apresentou-se bastante diferenciado frente à realidade dos sistemas existentes na região, e em conformidade com a concepção de tratamento proposta por este trabalho para municípios de pequeno porte. Constituído de rede separadora absoluta, a fim de não receber contribuição de águas pluviais, se propôs a adoção de um SES descentralizado, constituído de 6 pequenas estações de tratamento de esgotos dotadas de tanque séptico mais filtro anaeróbio de fluxo ascendente, além de secadores de lodo para atendimento de todas estações. Além disso, uma destas unidades, aquela recebedora de maior vazão, foi projetada para receber um sistema de tratamento terciário, constituído de uma lagoa de maturação (ou polimento), visto a já existência no local de uma antiga lagoa de depuração, aproveitando-se a mesma área.

Tendo sua implantação finalizada por meados dos anos 2000, o mesmo está em operação desde então, sendo que, devido a problemas de manutenção e operação, uma das estações de tratamento já não opera mais, assim como a lagoa de maturação. Ou seja, hoje o sistema constitui-se de 5 estações de tratamento de águas residuárias (ETAR's) constituídas de tanque séptico mais filtro anaeróbio.

O monitoramento do sistema ao longo dos anos têm sido precário, não havendo um histórico de análises que permita a avaliação da evolução do sistema durante todo o período. As análises existentes, cedidas pela prefeitura municipal, correspondem a campanhas de

monitoramento implementadas recentemente pelo engenheiro responsável. Estas somam, até o momento, um total de quatro análises, sendo duas durante o ano de 2010 (janeiro e abril), uma em setembro de 2011 e outra em julho de 2012. As mesmas abrangem as cinco estações que continuam em operação até os dias atuais, e tem seus resultados descritos nas Tabelas 41, 42 e 43, referentes as análises de esgoto bruto e tratado, respectivamente.

Tabela 41: Análises dos Efluentes Brutos do SES de Campina das Missões

Parâmetro	Unidade	Análise	ETE				
			ETAR A	ETAR B	ETAR E	ETAR F	ETAR G
Vazão (Q)	m³/d	-	7,98	90,55	60,48	14,69	34,56
DBO	mg/L	jan/10	439,73	220,00	283,25	122,00	171,36
		abr/10	1006,40	535,84	53,72	474,00	990,08
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
Sólidos Suspensos	mg/L	jan/10	596,00	643,00	665,00	553,00	1140,00
		abr/10	750,00	550,00	85,00	65,50	890,00
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
N _{total}	mg/L	jan/10	66,84	49,48	38,63*	40,62	152,12*
		abr/10	30,25*	135,81*	49,56*	61,15	62,43*
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
N _{amoniaco}	mg/L	jan/10	55,99	48,18	38,74	37,98	152,99
		abr/10	40,23	156,73	60,66	57,82	66,62
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
P _{total}	mg/L	jan/10	10,24	6,24	7,79	5,12	19,26
		abr/10	19,76	25,32	9,46	11,66	24,05
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
Coliformes Totais	org/100ml (*10 ⁶)	jan/10	92,00	1,60	1,60	1,60	16,00
		abr/10	2,70	3,40	1,70	1,70	17,00
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-

*Análise inconsistente: Concentrações de Nitrogênio total não podem ser inferiores às de Nitrogênio amoniacal.

Tabela 42: Análises dos Efluentes Tratados do SES de Campina das Missões

Parâmetro	Unidade	Análise	ETE				
			ETARA	ETAR B	ETARE	ETAR F	ETAR G
Vazão (Q)	m³/d	-	7,98	90,55	60,48	14,69	34,56
DBO	mg/L	jan/10	106,12	166,00	115,00	100,00	131,96
		abr/10	187,68	120,36	214,88	53,72	277,44
		set/11	25,00	134,00	25,00	100,00	70,00
		jul/12	8,00	38,00	29,00	54,00	74,00
Sólidos Suspensos	mg/L	jan/10	12,00	38,70	29,33	17,95	80,00
		abr/10	15,50	35,50	24,00	26,75	25,00
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
N _{total}	mg/L	jan/10	N.D.	36,20	26,43	54,04	N.D.
		abr/10	26,52	46,34	56,32	60,98	80,71
		set/11	-	-	-	-	-
		jul/12	-	-	-	-	-
N _{amoniaco}	mg/L	jan/10	23,11	33,20	28,21	20,96	72,26
		abr/10	28,00	52,46	68,55	61,68	87,21
		set/11	20,00	63,00	38,00	49,00	97,00
		jul/12	8,50	22,00	20,00	24,00	31,00
P _{total}	mg/L	jan/10	3,29	4,78	3,55	2,84	9,51
		abr/10	3,65	5,73	7,28	7,63	10,61
		set/11	2,10	6,00	3,70	5,70	6,70
		jul/12	0,86	2,30	1,80	2,30	3,10
Coliformes Totais	org/100ml (*10 ⁶)	jan/10	1,30	1,60	0,50	0,90	3,50
		abr/10	0,07	1,70	0,27	0,35	2,20
		set/11	0,08	2,42	0,24	3,44	6,87
		jul/12	0,08	1,18	0,73	2,69	6,20

Verde – Atende à Resolução CONSEMA 128/06

Amarelo – Não objetável pela Resolução CONSEMA 128/06

Vermelho – Não atende à Resolução CONSEMA 128/06

Tabela 43: Eficiência do SES de Campina das Missões

Parâmetro	Análise	ETE				
		ETAR A	ETAR B	ETAR E	ETAR F	ETAR G
Vazão (Q)	-	7,98	90,55	60,48	14,69	34,56
DBO	jan/10	75,9%	24,5%	59,4%	18,0%	23,0%
	abr/10	81,4%	77,5%	-300,0%*	88,7%	72,0%
Sólidos Suspensos	jan/10	98,0%	94,0%	95,6%	96,8%	93,0%
	abr/10	97,9%	93,5%	71,8%	59,2%	97,2%
N _{total}	jan/10	-	26,8%	31,6%	-33,0%	-
	abr/10	12,3%	65,9%	-13,6%	0,3%	-29,3%
N _{amoniacoal}	jan/10	58,7%	31,1%	27,2%	44,8%	52,8%
	abr/10	30,4%	66,5%	-13,0%	-6,7%	-30,9%
P _{total}	jan/10	67,9%	23,4%	54,4%	44,5%	50,6%
	abr/10	81,5%	77,4%	23,0%	34,6%	55,9%
Coliformes Totais	jan/10	98,6%	0,0%	68,8%	43,8%	78,1%
	abr/10	97,4%	50,0%	84,1%	79,4%	87,1%

*Dado impreciso

Se compararmos as análises realizadas aos padrões estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128/06 (Tabela 42), pode-se verificar a ocorrência de descumprimento à mesma em algumas análises. Sendo o fator mais preocupante o fato de, em praticamente todas as análises, verificar-se o descumprimento à concentração máxima permitida de 20 mg/L de nitrogênio amoniacal, apesar de a mesma resolução considerar a possibilidade de o órgão ambiental, em casos de relevante interesse público, autorizar lançamentos de efluentes em concentração superior a esta. Verifica-se também, na Tabela 43, a inconstância das eficiências de tratamento, verificando-se valores muito discrepantes entre as ETAR's e as diferentes análises, o que pode demonstrar erro na realização da análise ou problemas operacionais. Porém essa mesma tabela demonstra a capacidade desta concepção de tratamento atingir as eficiências utilizadas nos estudos de caso neste trabalho.

Além disso, verifica-se também uma melhora significativa na concentração de DBO do efluente tratado nas duas últimas análises. Segundo informações da prefeitura municipal essa melhora não reflete a ocorrência de medidas de manutenção ou melhora de operação, se não a ocorrência de período de elevada precipitação na semana da realização das mesmas. Isso reflete a existência de inconformidades na rede coletora e sistema de tratamento devido à importante interferência por águas pluviais observada.

No entanto, se desconhece os detalhes operacionais do sistema, ou seja, com base no material fornecido pela prefeitura municipal não é possível afirmar se as condições operacionais estão de acordo com o adequado e sugerido pela boa técnica, o que

impossibilita que se infira sobre a relação entre os resultados insatisfatórios e as condições operacionais.

Ou seja, apesar de verificarem-se algumas inconformidades e de haver elevada insegurança quanto a uniformidade dos dados do esgoto afluente, de maneira geral o tratamento por sistemas simplificados, também na prática, apresenta-se como uma solução viável tecnicamente para municípios de pequeno porte, sempre que operado de acordo com o que determinam as normas técnicas vigentes.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho constitui-se em realizar o pré-dimensionamento dos SES de três diferentes municípios, utilizando como concepção sistemas descentralizados com tratamento simplificado, constituído de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio de fluxo ascendente, tecnologias já consolidadas para o tratamento de efluentes sanitários de domicílios individualizados e pequenos aglomerados urbanos, como, por exemplo, condomínios horizontais. Também foram analisadas a eficácia e a eficiência de sistema implantado, e em funcionamento, seguindo a mesma metodologia de concepção, em município de pequeno porte do noroeste gaúcho.

Feito o pré-dimensionamento e analisada a capacidade de tratamento destes sistemas mediante eficiências sugeridas pela bibliografia, e, com base nos dados de análises do efluente tratado em sistema implantado e em funcionamento, pode-se inferir sobre a viabilidade técnica de tais sistemas. E tal inferência pode ser feita tendo como delimitador entre a viabilidade ou não dos sistemas os padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONSEMA 128/2006. Onde, dos seis parâmetros considerados para esgotos sanitários por esta resolução, cinco são atendidos de forma satisfatória pelos três municípios analisados, enquanto o parâmetro nitrogênio amoniacal não foi analisado, dada a dificuldade em inferir a respeito da eficiência de tratamento para este parâmetro. Porém, na experiência prática observada no município de Campina das Missões, com base nas análises realizadas, mostrou-se o não cumprimento da legislação para este parâmetro, apesar de chegar-se a valores muito próximos ao limite máximo permitido. Ou seja, os estudos realizados mostraram que, mediante ressalvas já expostas, a solução de tratamento simplificado descentralizado proposta é viável tecnicamente para municípios de pequeno porte, com população urbana de até cinco mil habitantes.

Adotando-se como parâmetro a Lei Federal 11.445 e a Lei Estadual 12.037, após verificar a capacidade de atendimento às restrições ambientais, ressalta-se a importância de adotar-se os sistemas simplificados de tratamento de esgotos como uma alternativa aos SES tradicionais para municípios de pequeno porte. Isto estas legislações têm a capacidade de enxergar a problemática do saneamento de forma global e como um problema de saúde pública e não como uma problemática local, e os sistemas simplificados vêm ao encontro de algumas demandas das mesmas: está melhor adequado à capacidade de pagamento da população além de ser mais sustentável economicamente, uma vez que os gastos

operacionais são reduzidos dada a não utilização de energia elétrica em qualquer etapa de coleta e tratamento, assim como as infraestruturas tem valor reduzido frente aos sistemas tradicionais; está melhor adequado às particularidades de cada município, uma vez que utiliza mais de um manancial hídrico como corpo receptor, respeita à existência de diversas bacias hidrossanitárias e a necessidade de descentralização para a redução de custos de coleta, e é de mais fácil operação, respeitando às adversidades encontradas por municípios de pequeno porte quanto à contratação e manutenção de equipe técnica especializada; e atende satisfatoriamente a demanda por medidas graduais e progressivas, uma vez que possibilita a abrangência de toda zona urbana de forma mais imediata, mesmo que de forma mais precária, possibilitando a posterior adaptação à sistemas tradicionais, caso seja demandado. E, ao respeitar a demanda por medidas graduais e progressivas, possibilitando a implantação dos sistemas em cada município de maneira global, acaba com a percepção existente de que aqueles munícipes que estão ligados à rede de esgoto estão sendo punidos, enquanto os não ligados não, uma vez que não tem uma conta de SES a pagar, já que todos estarão em igual situação.

E, adotando-se como parâmetro a sustentabilidade ambiental das zonas urbanas, sugere-se a aplicação de sistemas simplificados de tratamento de esgotos uma vez que estes, por serem descentralizados, acabam por utilizar diversos corpos receptores, evitando a sobrecarga sobre um único manancial hídrico, sem comprometer seus usos; assim como a aplicação de recursos externos (nacionais ou estaduais) para a implantação de SES será capaz de atender um universo maior de municípios e habitantes, atingindo de forma mais ágil a sonhada universalização dos sistemas de esgotamento sanitário. Isto porque, dado o menor custo de implantação, o mesmo recurso poderá ser utilizado para a implantação de SES em maior número de municípios.

Sendo assim, e reiterando-se que dado que os investimentos em saneamento básico hoje são considerados, de maneira acertada, muito mais que ações de infraestrutura ou de preservação do meio ambiente, mas ações de saúde preventiva, proporcionando, além da melhora na qualidade de vida das pessoas, melhores condições de saúde; considerando-se que os investimentos em infraestrutura de esgotamento sanitário possuem um custo extremamente elevado, incompatível com a capacidade de pagamento de municípios de pequeno porte, de economia predominantemente agrícola e/ou agropecuária; considerando-se que a operação de sistemas centralizados e de concepção tradicional possui um elevado custo, que deve ser repassado à população para que se obtenha a viabilidade financeira do sistema, através da cobrança pelo serviço prestado; e considerando-se que, no Rio Grande

do Sul, aproximadamente dois terços dos municípios possuem menos de cinco mil habitantes, e que a população urbana destes corresponde a não mais de 6,5% da população total do estado; sugere-se, objetivando-se a viabilidade financeira dos sistemas de esgotamento sanitário e a universalização dos serviços de esgotamento sanitário da forma mais ágil possível, como uma ação de prevenção à saúde e melhora da qualidade de vida da população, assim como de conservação dos recursos hídricos, que sistemas simplificados e descentralizados de tratamento de esgotos sanitários sejam adotados como uma das possíveis soluções a serem adotadas em municípios de pequeno porte, sempre se respeitando as características e individualidades de cada núcleo urbano.

Sugere-se então, a revisão dos procedimentos licenciatórios, com a adoção de procedimentos específicos para municípios de pequeno porte, de modo a autorizar a instalação de sistemas de esgotamento sanitário menos complexos e mais acessíveis a estes, seja de forma definitiva ou como etapa intermediária. Assim se espera tornar os SES economicamente exequíveis em todas as localidades em que há concentração de população no Rio Grande do Sul, sem demandar a necessidade imediata do aporte de recursos externos, ou de modo a, com os mesmo recursos, abranger maior número de aglomerados urbanos e, conseqüentemente, atender maior população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE NETO, C. O. de. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários: Experiência Brasileira**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997.
- BACIAS Hidrográficas do RS. Porto Alegre, Secretária Estadual de Meio Ambiente, 2012. Apresenta informações referentes às bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/>. Acesso em 12 out. 2012.
- BRASIL; **Lei Federal 11.445 de 2007**. Brasília: Congresso Federal, 2007.
- BRASIL; **NBR 7.229 de 1993**. Brasília: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.
- BRASIL; **NBR 9.649 de 1986**. Brasília: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1986.
- BRASIL; **NBR 13.969 de 1997**. Brasília: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997.
- BRASIL; **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília: Congresso Federal, 2011.
- BRASIL; **Resolução n. 357 de 2005**. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2005.
- BRASIL; **Resolução n. 397 de 2008**. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2008.
- BRASIL; **Resolução n. 410 de 2009**. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2009.
- BRASIL; **Resolução n. 430 de 2011**. Brasília: Conselho Nacional de Meio Ambiente, 2011.
- CENSO Demográfico. Brasília, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Apresenta informações em formato de tabelas e arquivos de sistema de informações geográficas referentes aos censos demográficos já realizados. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 15 out. 2012.
- ESTATÍSTICAS. Porto Alegre, Fundação de Economia e Estatística do Rio Grande do Sul, 1999. Apresenta estatísticas socioeconômicas relativas aos municípios e ao estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/estatisticas/>. Acesso em 30 set. 2012.
- GASI, T. M. T (Coord). **Opções para Tratamento de Esgotos de Pequenas Comunidades**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1988.
- IMHOFF, K. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, [1966?].
- INFORMAÇÕES Georreferenciadas para o Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Luiz Henrique Roessler, 2012. Apresenta arquivos tipo shape com informações de importância ambiental para o estado. Disponível em: http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp. Acesso 12 out. 2012.
- LINSLEY, R. K; FRANZINI, J. B. **Engenharia de Recursos Hídricos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1978.

MALLMAN, M. **Tratamento de Efluentes do Esgoto Cloacal**: Estudo de Caso de Campina das Missões, RS. 2003. 92 f. Trabalho de Diplomação (Curso de Especialização Acadêmica em Gestão Ambiental) – Departamento de Biologia e Química e Departamento de Ciências Sociais. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Santa Rosa.

MODELO Digital de Elevação do Terreno. Porto Alegre, Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponibiliza arquivos georreferenciados de modelo do terreno da Terra. Disponível em: <<http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/>>. Acesso em 12 out. 2012.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura - Div. Terras e Colonização, 1961.

PAC2, Ministério do Planejamento, 2012. Disponibiliza informações referentes ao Programa de Aceleração do Crescimento fase 2. Disponível em: <<http://www.pac.gov.br/cidade-melhor/saneamento>>. Acesso em 14 de nov. 2012.

PESSÔA, C.A; JORDÃO, E. P. **Tratamento de Esgotos Domésticos**: Volume 1 Concepções Clássicas de Tratamento de Esgotos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1982.

POLO, J. F; TORRECILLAS, A. S. **Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales**. Valencia, ES: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.

PORTO, R. L. L. (Org.). **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1991.

RIO GRANDE DO SUL; **Lei Estadual n. 12.037 de 2003**. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 2003.

RIO GRANDE DO SUL; **Resolução n. 128 de 2006**. Porto Alegre: Conselho Estadual de Meio Ambiente, 2006.

SANT'ANNA JR, G. L. **Tratamento Biológico de Efluentes**: Fundamentos e Aplicações. Rio de Janeiro: Interciência Ltda, 2010.

SAÚDE Pública. Brasília, Departamento de Informática do SUS, 2012. Apresenta estatísticas referentes aos serviços prestados pelo Sistema Único de Saúde em todo Brasil. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em 21 out. 2012.

SCHNEIDER, I. A. **Relatório Técnico Preliminar**. Porto Alegre: FUNASA, 2012.

SISCOM. Brasília, IBAMA, 2012. Apresenta arquivos vetoriais referentes à meio ambiente para todo o Brasil. Disponível em: <<http://siscom.ibama.gov.br/shapes/>>. Acesso em 01 nov. 2012.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2010. Apresenta estatísticas referentes aos serviços de saneamento prestados. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/PaginaCarrega.php?EWRerterterTERTer=95>>. Acesso em 15 out. 2012.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Emater/RS, 2002.

TSUTIYA, M. T; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 1995.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias: Lodo de Esgotos: Tratamento e Disposição Final**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

ANEXO I – Descrição dos Parâmetros de Caracterização de Esgotos Sanitários

Sólidos

Os sólidos presentes nos efluentes sanitários compõem-se de “[...] todos os contaminantes da água, com exceção dos gases dissolvidos [...]” (VON SPERLING, 1995, p. 63). Segundo Von Sperling (1995) e Pessôa e Jordão (1982), os sólidos podem ser classificados de acordo com suas características de tamanho e estado, químicas e de decantabilidade. Na prática utilizam-se as classificações por tamanho e estado (em suspensão e dissolvidos), e por características químicas (fixos e voláteis).

Os sólidos em suspensão são aqueles passíveis de sedimentação, com tamanho superior a 1,2 μm , e retirados do esgoto por decantação, sem necessidade de tratamento biológico, e representam, em média, um terço dos sólidos totais de um efluente sanitário. Enquanto os sólidos dissolvidos, inferiores a 1,2 μm , são aquela parcela dos sólidos totais que deverão passar por processo de tratamento biológico e/ou físico-químico antes de serem submetidos à decantação.

Já a classificação em função das características químicas cumpre função apenas de classificação, onde os sólidos voláteis (volatiliza a 550° C), a fração oxidada após tratamento térmico, é responsável pela geração da demanda bioquímica de oxigênio. Os sólidos voláteis representam 70%, aproximadamente, dos sólidos totais. Já os sólidos fixos (não volatiliza a 550° C) são compostos de material inerte, em grande parte areia, no caso de esgotos domésticos.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

A determinação da demanda bioquímica de oxigênio é, segundo Pessôa e Jordão (1982), a forma mais adequada de se medir a quantidade de matéria orgânica presente nos esgotos domésticos, sendo que quanto maiores os níveis de DBO maior é a contaminação por compostos orgânicos. Essa medição, conforme explicitado por Von Sperling (1995) tem dupla função: determinar o potencial contaminante para o corpo receptor, e auxiliar na determinação do processo de tratamento mais adequado.

O teste de DBO pode ser demorado devido às altas concentrações e demandas de oxigênio e os diferentes fatores que podem afetar o resultado, por isso foram adotadas algumas convenções para tal, conforme explicado por Von Sperling (1995, p. 66):

[...] para evitar que o teste de laboratório fosse sujeito a uma grande demora, e para permitir a comparação de diversos resultados, foram efetuadas algumas padronizações:

- convencionou-se proceder a análise no 5º dia. Para esgotos domésticos típicos, esse consumo do quinto dia pode ser correlacionado com o consumo total final (DBOu);
- determinou-se que o teste fosse efetuado à temperatura de 20°C, já que temperaturas diferentes interferem no metabolismo bacteriano, alternado as relações entre DBO de 5 dias e a DBO última;

Sendo assim, o parâmetro DBO é expresso em função da DBO_5^{20} , que representa a DBO medida no 5º dia, a 20°C.

Dada a existência de outros testes para a determinação da matéria orgânica presente nos esgotos, Von Sperling (1995, p. 68) expõe as principais vantagens do teste de DBO e que não são igualadas por outros métodos:

- a indicação aproximada da fração biodegradável do despejo;
- a indicação da taxa de degradação do despejo;
- a indicação da taxa de consumo de oxigênio em função do tempo;
- a determinação aproximada da quantidade de oxigênio requerido para a estabilização biológica da matéria orgânica presente;

Oxigênio Dissolvido (OD)

Apesar de não ser considerado um parâmetro de caracterização de esgotos sanitários, o oxigênio dissolvido é de extrema importância para avaliar-se a contaminação dos corpos receptores, uma vez que o OD “[...] é um fator que determina se as trocas biológicas serão realizadas via aeróbia ou anaeróbia.” (PORTO ET AL., 1991, p. 49). Segundo Porto et al. (1991), o oxigênio tem sua solubilidade na água variável em função das condições ambientes (temperatura e pressão) e do nível contaminação, sendo que este último possui uma razão de saturação de 0,8 entre água poluída e água limpa.

Coliformes

Von Sperling (1995) diz que a utilização dos coliformes para a caracterização dos esgotos domésticos tem a função de indicar a presença de contaminação fecal das águas residuárias

após o tratamento. Uma vez que os coliformes por si só não apresentam risco à saúde humana, porém a sua presença indica a possível presença de agentes patogênicos, que são de mais difícil detecção.

A escolha dos organismos do grupo “coli” como indicador de contaminação fecal nas seguintes características deste grupo, segundo Von Sperling (1995, p. 75):

Os coliformes apresentam-se em grande quantidade nas fezes humana (cada indivíduo elimina em média 10^{10} a 10^{11} células por dia). De 1/3 a 1/5 do peso das fezes humanas é constituído por bactérias do grupo coliforme. Com isso a possibilidade de que sejam detectados após o lançamento é incomparavelmente superior à dos organismos patogênicos.

Os coliformes apresentam-se em grande número apenas nas fezes do homem e de animais de sangue quente. Tal fato é essencial, pois se existissem também nos intestinos de animais de sangue frio deixariam de ser bons indicadores de poluição.

Os coliformes apresentam resistência aproximadamente similar à maioria das bactérias patogênicas intestinais. Tal característica é importante, pois não seriam bons indicadores de contaminação fecal se morressem mais rapidamente que o agente patogênico. Por outro lado, se a sua taxa de mortalidade fosse menor que a das bactérias patogênicas, também deixariam de ser úteis, uma vez que, sobrevivendo por mais tempo, tornariam suspeitas águas já depuradas. Exceção deve ser feita aos vírus, que apresentam uma resistência superior à dos coliformes. As técnicas bacteriológicas para a detecção de coliformes são rápidas e econômicas.

Fósforo

A importância do fósforo como caracterizante dos esgotos domésticos, segundo Von Sperling (1995, p. 73), está relacionada aos seguintes aspectos:

- o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Usualmente os esgotos domésticos possuem teor suficiente de fósforo [...];
- o fósforo é um nutriente essencial para o crescimento de alga, podendo por isso, em certas condições, conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas.

Nitrogênio

Parâmetro de extrema importância na caracterização de esgotos, por ajudar nos processos de depuração dos esgotos, como por ter potencial poluidor devido a seu papel nos processos de eutrofização de corpos d'água, pode ser encontrado nos esgotos sanitários em três formas principais: amônia (livre - NH_3 ou ionizada - NH_4^+), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-). E “[...] a determinação da forma predominante do nitrogênio pode fornecer indicações sobre o estágio da poluição [...]” (VON SPERLING, 1995, p. 72), sendo que quando a poluição é recente costuma encontrar-se pouco nitrato e maiores concentrações de amônia, e o contrário se é antiga.

Os processos de remoção do nitrogênio que ocorrem em estações de tratamento de tratamento de esgoto, segundo Von Sperling (1995), são a nitrificação, que consiste da transformação da amônia em nitrito e este a nitrato com consumo de oxigênio e alcalinidade, e a desnitrificação, que consiste na conversão do nitrato a nitrogênio gasoso, com economia de oxigênio e alcalinidade e consumo de matéria orgânica como fonte de carbono, se realizado controladamente, e com deterioração da decantabilidade do lodo, se realizado de forma descontrolada.

ANEXO II – Metodologia de Projeção Populacional

Conforme exposto por Schneider (FUNASA, 2012), a metodologia de projeção populacional desenvolvida pela FEE em parceria com a CORSAN é realizada em etapas cumulativas. Primeiramente realiza-se um levantamento do histórico populacional do Rio Grande do Sul, calculando os períodos intercensitários através do método do Crescimento Geométrico. Em seguida, projeta-se o restante da população estadual com base na adequação da curva anual de crescimento histórico dos anos anteriores. Através das projeções anuais do total do Estado, projeta-se a população total dos municípios através de métodos projetivos matemáticos e estatísticos. As populações totais previstas para cada município são desagregadas em urbana e rural através de cálculos de modelos regressivos lineares. Por fim, utiliza-se a malha digital dos setores censitários para a delimitação da porcentagem da população urbana que vive na sede dos municípios. Mantendo essa relação constante ao longo do horizonte de planejamento, define-se a projeção populacional de cada uma das áreas de interesse do projeto.

Não são considerados efeitos de população flutuante, devido a não observância deste fenômeno nos municípios estudados.

Projeção da população total do Rio Grande do Sul

Para o cálculo da projeção populacional do estado do Rio Grande do Sul, utiliza-se como base os dados populacionais do período entre 1970 e 2010, sendo que de 1970 à 2000 podem ser utilizados os dados históricos publicados pela Fundação de Economia e Estatística (FEE), e o último período intercensitário (entre 2001 e 2010) pode ser obtido através do cálculo do crescimento geométrico populacional anual, devido à inconsistências (superestimacões) nos números divulgados pelo IBGE e publicados no DOU.

O método do crescimento geométrico é comumente utilizado, assumindo que o crescimento da população continua a uma constante porcentagem R cada ano, e produz estimativas satisfatórias para o período intercensitário. A Equação 4 é utilizada para o cálculo da constante de crescimento R .

$$R = \sqrt[n]{\frac{P_t}{P_0}} - 1 \quad (\text{Equação 4})$$

Onde:

$P_i(t)$ = é a população no ano t ;

= é a população no ano zero;
n = período de análise.

Os dados de população divulgados nos últimos dois Censos Demográficos realizados foram os seguintes:

- Total da População do RS no ano 2000: = 10.187.798
- Total da População do RS no ano 2010: = 10.695.532

Conhecendo-se estes dois valores, chega-se ao seguinte valor de R:

$$R = \sqrt[10]{\frac{10.695.532}{10.187.798}} - 1 = 1,004875 - 1 = 0,004875 \quad (\text{Equação 5})$$

Assim, as estimativas inter-censitárias calculadas são:

$$\begin{aligned} \text{ano 2000} &= 10.187.798 \times (1,004875)^0 = P_0 \\ \text{ano 2001} &= 10.187.798 \times (1,004875)^1 = 10.237.467 \\ \text{ano 2002} &= 10.187.798 \times (1,004875)^2 = 10.287.379 \\ \text{ano 2003} &= 10.187.798 \times (1,004875)^3 = 10.337.534 \\ \text{ano 2004} &= 10.187.798 \times (1,004875)^4 = 10.387.933 \\ \text{ano 2005} &= 10.187.798 \times (1,004875)^5 = 10.438.578 \\ \text{ano 2006} &= 10.187.798 \times (1,004875)^6 = 10.489.470 \\ \text{ano 2007} &= 10.187.798 \times (1,004875)^7 = 10.540.611 \\ \text{ano 2008} &= 10.187.798 \times (1,004875)^8 = 10.592.000 \\ \text{ano 2009} &= 10.187.798 \times (1,004875)^9 = 10.643.640 \\ \text{ano 2010} &= 10.187.798 \times (1,004875)^{10} = 10.695.532 \end{aligned}$$

Após a obtenção dos dados populacionais do Estado no período de 1970 a 2010, realiza-se uma adequação da curva para o crescimento anual da população do estado através da utilização da ferramenta linha de tendência do software Excel, projetando-se assim os dados de crescimentos populacionais futuros através **da Equação 6:**

$$y = 0,0228e^{-0,0372x} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

y = Crescimento anual da população do Estado

x = Ordem dos dados na série histórica

Projeção da População Municipal Total

Para projetar a população total dos municípios, optou-se pelo método conhecido como “método dos coeficientes” ou popularmente conhecido como AiBi. Atualmente, o método dos coeficientes é amplamente utilizado, inclusive pelo IBGE, devido a sua facilidade e confiabilidade. Este método produz projeções razoáveis para quando os municípios têm taxa de crescimento positivo, mas não conduz a resultados satisfatórios para os municípios com taxas de crescimento negativas, principalmente em longo prazo. Devido a estas distorções, são calculados alguns modelos de projeções e estabelecidos critérios com base nas taxas de crescimento, para suas utilizações.

O método do AiBi consiste em supor que a população do município é uma função linear da população total do Estado, assim:

$$P_i(t) = a_i \times P_T(t) + b_i \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

$P_i(t)$ é a população do município i no ano t ;

$P_T(t)$ é a população total do Estado no ano t obtida de forma independente;

a_i é o coeficiente de proporcionalidade do incremento da população do município i em relação ao incremento da população do Estado;

b_i é o coeficiente linear de correção.

Os parâmetros a_i e b_i são estimados como:

$$a_i = [P_i(t_1) - P_i(t_0)] \div [P_T(t_1) - P_T(t_0)] \quad (\text{Equação 8})$$

$$b_i = [(P_i(t_1) + P_i(t_0)) - (a_i \times (P_T(t_1) + P_T(t_0)))] \div 2 \quad (\text{Equação 9})$$

Os parâmetros a_i e b_i , calculados desta forma, conduzem a:

$$\sum P_i = P_T$$

$$\sum a_i = 1$$

$$\sum b_i = 0$$

No método descrito acima, são formulados três modelos para a projeção da população dos municípios para o ano de 2040.

Modelo 1

$P_i(t_0)$ é a população do município i na contagem da população de 1996;

$P_i(t_1)$ é a população do município i no censo do ano 2000.

Modelo 2

$P_i(t_0)$ é a população do município i no censo do ano 2000;

$P_i(t_1)$ é a população do município i no censo do ano 2010.

Modelo 3

$P_i(t_0)$ é a população do município i na contagem da população de 1996;

$P_i(t_1)$ é a população do município i no censo do ano 2010.

Considerando o longo período de projeção, pode-se supor que os municípios de maior porte com elevado crescimento passem a apresentar um crescimento um pouco mais reduzido. Por outro lado, podemos supor também que os municípios com alta emigração tendem a se estabilizar em longo prazo. Baseado nesta hipótese formulada e considerando o comportamento das taxas de crescimento da população e o tamanho da mesma, projeta-se a população municipal para o ano de 2040. Seja:

$r_i(1)$ = taxa de crescimento do município i entre 1996 e 2000

$r_i(2)$ = taxa de crescimento do município i entre 2000 e 2010

Assim, determina-se a população para cada município no ano de 2040 através das seguintes condições:

- Se $P_i(2010) > 100.000$

$P_i(2040)$ será igual ao mínimo das estimativas dos modelos 1, 2 e 3;

- Se $100.000 < P_i(2010) > 10.000$ e $r_i(1) > 0$ e $r_i(2) > 0$

$P_i(2040)$ será igual ao valor da estimativa do modelo 3;

- Se $100.000 < P_i(2010) > 10.000$ e $r_i(1) > 0$ e $r_i(2) \leq 0$

- $P_i(2040)$ será igual a estimativa do modelo 1;
- Se $100.000 < P_i(2010) > 10.000$ e $r_i(1) \leq 0$ e $r_i(2) > 0$
- $P_i(2040)$ será igual a estimativa do modelo 2;
- Se $100.000 < P_i(2010) > 10.000$ e $r_i(1) \leq 0$ e $r_i(2) \leq 0$
- $P_i(2040)$ será igual ao máximo das estimativas dos modelos 1,2 e 3;
- Se $P_i(2010) < 10.000$ e $r_i(1) > 0$ e $r_i(2) > 0$
- $P_i(2040)$ será igual a média das estimativas dos modelos 1, 2 e 3;
- Se $P_i(2010) < 10.000$ e $r_i(1) > 0$ e $r_i(2) \leq 0$
- $P_i(2040)$ será igual a estimativa do modelo 1;
- Se $P_i(2010) < 10.000$ e $r_i(1) \leq 0$ e $r_i(2) > 0$
- $P_i(2040)$ será igual a estimativa do modelo 2;
- Se $P_i(2010) < 10.000$ e $r_i(1) \leq 0$ e $r_i(2) \leq 0$
- $P_i(2040)$ será igual ao valor máximo das estimativas dos modelos 1, 2 e 3.

Definido o modelo a utilizar-se para cada município, o próximo passo é a realização de um ajuste para que a projeção fique consistente com o total projetado para o Estado anteriormente. Sendo assim, para o período de 2011 até 2039, as projeções municipais foram calculadas conforme a fórmula de projeção de população anteriormente apresentada, considerando $t_0 = 2010$ e $t_1 = 2040$.

Finalizando o processo, são retirados da projeção populacional obtida somente àqueles valores que são de interesse para o projeto, no caso, os valores entre os anos de 2012 e 2032.

Projeção da População Urbana do Município

Para o cálculo de projeção da população urbana utilizou-se os dados dos Censos de 2000 e 2010, calculou-se o percentual de população urbana em razão da população total, e em

seguida foi utilizado o método do crescimento geométrico na década para o cálculo do mesmo percentual para os anos do período inter-censitário.

Obtidos os percentuais de população urbana para cada município no período supracitado, calculou-se um modelo regressivo linear para cada município através da **Equação 9**:

$$Y_i = a \cdot X_i + b \quad (\text{Equação 10})$$

Onde:

Y_i = Percentual de população urbana do município no i-ésimo período;

a = Coeficiente de Inclinação da reta de regressão;

X_i = Ordem dos dados na série de estudo;

b = Intercepto.

Os coeficientes a e b são obtidos através da ferramenta linha de tendência do software Excel.

Embora um modelo regressivo que seja linear não seja o mais indicado para descrever o comportamento do crescimento da população urbana de um município, esse tipo de modelo teve de ser adotado devido a escassez de pontos amostrais dessa população, uma vez que os únicos dados referentes a população urbana dos municípios estudados são os censos de 2000 e 2010 (somente dois pontos). A maneira então encontrada para contornar o problema da superestimação do crescimento populacional urbano gerado pelo modelo regressivo utilizado foi projetar um crescimento linear desse segmento da população até o ano de 2020, e a partir de então mantê-lo constante até o final do horizonte de projeto.

Após o cálculo das projeções dos percentuais de população urbana do município, realiza-se uma simples multiplicação entre este percentual e as populações totais do município obtidas anteriormente, e se obtém, por fim, a desagregação da população total do município em urbana e rural.

Projeção da População da Sede Municipal

Sendo a área de interesse para o estudo apenas as sedes municipais, se faz necessário, portanto, além da desagregação da população dos municípios em urbana e rural, a projeção da população das sedes municipais para o horizonte de planejamento.

Para isso, delimita-se através da malha digital dos setores censitários do município, a porcentagem da população urbana que vive na sede do município. Assume-se então que essa relação se mantém constante ao longo do horizonte do projeto, a partir do pressuposto de que o ritmo de crescimento populacional da sede é o mesmo que o projetado para a zona urbana do município, e se multiplica a população urbana projetada pela porcentagem encontrada para os vários anos do projeto.