

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

SILVIA FERNANDA PAFFRATH

**PROPOSTA DE REATOR EM BATELADA COMO ALTERNATIVA
DESCENTRALIZADA PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS
SANITÁRIOS DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAPITÃO
LEÔNIDAS MARQUES/PR**

DISSERTAÇÃO

CURITIBA

2018

SILVIA FERNANDA PAFFRATH

**PROPOSTA DE REATOR EM BATELADA COMO ALTERNATIVA
DESCENTRALIZADA PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS
SANITÁRIOS DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE CAPITÃO
LEÔNIDAS MARQUES/PR**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito para obtenção do título de “Mestre em Engenharia Civil” – Área de concentração: Meio Ambiente. Linha de pesquisa: Saneamento e Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Bentes Freire

CURITIBA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

P115p Paffrath, Silvia Fernanda
2018 Proposta de reator em batelada como alternativa
descentralizada para tratamento de esgotos sanitários da área
urbana do município de Capitão Leônidas Marques/PR / Silvia
Fernanda Paffrath.-- 2018.
111 f.: il.; 30 cm.

Disponível também via World Wide Web.

Texto em português com resumo em inglês.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná. Programa de Pós-graduação em Engenharia
Civil, Curitiba, 2018.

Bibliografia: p. 85-94.

1. Esgotos. 2. Águas residuais - Purificação - Tratamento
anaeróbio. 3. Saneamento - Paraná. 4. Recursos hídricos.
5. Engenharia civil - Dissertações. I. Freire, Flávio
Bentes, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná
- Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, inst.
III. Título.

CDD: Ed. 22 -- 624

Biblioteca Ecoville da UTFPR, Câmpus Curitiba
Lucia Ferreira Littiere - CRB 9/1271

TERMO DE APROVAÇÃO DE DISSERTAÇÃO Nº 158

A Dissertação de Mestrado intitulada PROPOSTA DE REATOR SEQUENCIAL EM BATELADA (SBR) COMO ALTERNATIVA DESCENTRALIZADA PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES/PR, defendida em sessão pública pelo(a) candidato(a) **Silvia Fernanda Paffrath**, no dia 27 de agosto de 2018, foi julgada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, área de concentração Meio Ambiente, e aprovada em sua forma final, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Flavio Bentes Freire - Presidente - UTFPR

Prof(a). Dr(a). Karina Querne de Carvalho Passig- UTFPR

Prof(a). Dr(a). Miguel Mansur Aisse - UFPR

A via original deste documento encontra-se arquivada na Secretaria do Programa, contendo a assinatura da Coordenação após a entrega da versão corrigida do trabalho.

Curitiba, 27 de agosto de 2018.

Carimbo e Assinatura do(a) Coordenador(a) do Programa

AGRADECIMENTOS

Início essa seção agradecendo a Deus por ter colocado em meu caminho pessoas que fizeram a diferença e tornaram possível a conclusão dessa dissertação de Mestrado.

Entre elas, não posso deixar de agradecer ao professor, orientador e amigo, Flavio Freire, que desde o início ofereceu apoio incondicional, compreendendo, em diversas vezes, questões pessoais que poderiam comprometer o andamento e finalização do curso.

Agradeço também aos demais professores que participaram das bancas de qualificação e defesa, com sugestões e críticas pertinentes, que nortearam os objetivos e resultados da pesquisa.

À minha família (pais, irmãos e companheiro) que tiveram paciência e carinho durante todos os meses dedicados ao Mestrado.

Por fim, aos diversos colaboradores da Sanepar, empresa na qual trabalho, por compartilharem informações essenciais ao desenvolvimento dessa pesquisa.

RESUMO

PAFFRATH, Silvia F. **Proposta de reator em batelada como alternativa descentralizada para tratamento de esgotos sanitários da área urbana do município de Capitão Leônidas Marques/PR**. 2018. 111 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Conforme índices de coleta de esgoto sanitário no Brasil, até 2016 40% da população não era atendida com esse tipo de serviço de saneamento. Em municípios com predominância de população na área rural, e/ou com topografia desfavorável ao escoamento exclusivamente por gravidade, os sistemas centralizados, usualmente adotados como solução, tornam-se economicamente inviáveis, uma vez que seriam necessários altos investimentos em coleta e bombeamento do efluente para encaminhamento a estação de tratamento. Nesse sentido, o sistema descentralizado de esgotamento torna-se uma alternativa interessante, do ponto de vista de remoções de poluentes e disposição final do esgoto doméstico. Por isso, o objetivo dessa pesquisa foi propor uma alternativa descentralizada para esgotamento sanitário da área urbana do município de Capitão Leônidas Marques/PR, com as seguintes etapas: avaliação da qualidade do esgoto gerado no município, identificação dos locais para as unidades descentralizadas de tratamento de esgotos, dimensionamento dessas unidades, estimativa de custos de implantação e de manutenção e comparação com o projeto centralizado existente da Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Na caracterização do esgoto, em virtude da impossibilidade de obtenção de dados locais, foram utilizados dados da cidade de Três Barras do Paraná, no que diz respeito a DBO e DQO, pela similaridade entre os municípios. A forma de tratamento sugerida foi o reator em batelada (*sequencing batch reactor – SBR*), pelos bons percentuais de remoções de poluentes citados na literatura e por ser uma forma compacta de lodos ativados, tratamento proposto pela companhia de saneamento. O dimensionamento dessas unidades seguiu o equacionamento clássico apresentado na bibliografia. Na estimativa de custos foram utilizados valores bibliográficos, preferencialmente de pesquisas com elaboração de orçamentos. Para alguns itens foram utilizados valores unitários do projeto existente da Sanepar, como para secagem de lodo e para desapropriação das áreas, para melhor comparação entre as alternativas. No caso do SBR foi solicitada proposta de fornecedor. Para população final de 15 mil habitantes, o custo total de implantação do tratamento descentralizado resultou em R\$ 652,45/hab (aproximadamente R\$ 9,8 milhões), cerca de 70% maior que o custo de implantação *per capita* da estação de tratamento de esgotos centralizada projetada pela Sanepar. O sistema descentralizado completo, com coleta, resultou em R\$ 944,59/hab (aproximadamente R\$ 14,2 milhões), dessa vez 32% menor que o sistema projetado pela Sanepar, com rede coletora e estações elevatórias de esgotos. Assim, do ponto de vista econômico, a descentralização mostra-se uma solução viável para locais sem atendimento de esgotamento sanitário.

Palavras-chave: Sistema de Esgotamento Sanitário, Município de Pequeno Porte, Tratamento Aeróbio.

ABSTRACT

According to indices of sanitary sewage collection in Brazil, until 2016 40% of the population was not served with this type of sanitation service. In municipalities with a predominance of population in the rural area, and/ or with topography unfavorable to exclusively gravity flow, the centralized systems, usually adopted as solution, become economically unviable, since it would require high investments in effluent collection and pumping for routing to the treatment plant. In this sense, the decentralized system become an interesting alternative, with adequate removal of pollutants and for final disposal of domestic sewage. Therefore, the objective of this research was to propose a decentralized alternative for sanitary sewage to the urban area of the municipality of Capitão Leônidas Marques/PR, with the following steps: evaluation of the quality of the sewage generated in the study area, identification of the sites for decentralized sewage treatment units, design of these units, estimation of implementation and maintenance costs, and comparison with the existing centralized project of the Sanitation Company of Paraná (Sanepar). In the characterization of the sewage system, due to the impossibility of obtaining local data, data from the city of Três Barras do Paraná were used in relation to BOD and COD, due to the similarity between municipalities. The suggested treatment method was the sequencing batch reactor (SBR), because of the good percentage of pollutant removals mentioned in the literature and because it is a compact form of activated sludge, treatment proposed by the sanitation company. The sizing of these units followed the classical equation presented in the bibliography. In the estimation of costs were used bibliographic values, preferably of researches with elaboration of budgets. For some items, unit values of the existing Sanepar project were used, such as for sludge drying and expropriation of the areas, for a better comparison between alternatives. In the case of SBR, a supplier proposal was requested. For the final population of 15 thousand inhabitants, the total cost of implementing the decentralized treatment resulted in R\$ 652.45 per inhabitant (approximately R\$ 9.8 million), about 70% higher than the per capita implantation cost of the sanitation project designed by Sanepar. The complete decentralized system, with collection, resulted in R\$ 944.59/inhabitant (approximately R\$ 14.2 million), this time 32% smaller than the system designed by Sanepar, with collection network and sewage elevation stations. Thus, from the economic point of view, decentralization proves to be a viable solution for sites without sanitary sewage service.

Keywords: Sewage System, Small Township, Aerobic Treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Impactos ao meio ambiente relacionados com esgoto sanitário.	23
Figura 2 – Fases que compõe um RSB.....	30
Figura 3 – Sumidouro e distâncias mínimas.....	32
Figura 4 – Localização do município.	37
Figura 5 – Classificação climática para o município de Capitão Leônidas Marques....	38
Figura 6 – Temperatura média anual no município de Capitão Leônidas Marques.	39
Figura 7 – Perímetro Urbano do município de Capitão Leônidas Marques.	41
Figura 8 – Localização do poço de captação de água do município de Capitão Leônidas Marques.....	42
Figura 9 – Tipos de solos no Paraná e localização do município de Capitão Leônidas Marques.	52
Figura 10 – Divisão de unidades descentralizadas e número de domicílios contribuindo em cada unidade dentro da sede do município de Capitão Leônidas Marques.....	59
Figura 11 – Madeireiras e Serrarias em Capitão Leônidas Marques/PR.	68
Figura 12 – Desenho ilustrativo da unidade descentralizada com RSB, elevatória e leito de secagem.	73
Figura 13 – Esquemático de uma unidade descentralizada de tratamento.....	74
Figura 14 – Esquemático de uma unidade descentralizada de tratamento (em planta). .	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipo de esgotamento sanitário por domicílios.....	20
Tabela 2 – Estudos relacionando saneamento e doenças.....	24
Tabela 3 – Leis Federais sobre saneamento.....	25
Tabela 4 – Parâmetros de lançamento de efluentes.....	26
Tabela 5 – Remoções de poluentes com uso de RSB.....	31
Tabela 6 – Custos de implantação de SES.....	33
Tabela 7 – Custos de implantação de RSB.....	34
Tabela 8 – Consumo energético de RSB.....	36
Tabela 9 – Custos de manutenção e operação de RSB.....	36
Tabela 10 – Altura de precipitação Capitão Leônidas Marques.....	40
Tabela 11 – Tipo de esgotamento sanitário por domicílios em Capitão Leônidas Marques.....	43
Tabela 12 – Taxa de percolação e taxa de aplicação superficial.....	51
Tabela 13 – Densidade do lodo em cada etapa do tratamento.....	53
Tabela 14 – Cargas poluidoras adotadas.....	61
Tabela 15 – Populações residentes em Capitão Leônidas Marques.....	62
Tabela 16 – Fator r do método aritmético.....	62
Tabela 17 – Populações até 2035 pelo método aritmético.....	63
Tabela 18 – Fator q do método geométrico.....	63
Tabela 19 – Populações até 2035 pelo método geométrico.....	64
Tabela 20 – Populações até 2035 pelo método potencial.....	65
Tabela 21 – Auxílio para cálculo de <i>per capita</i>	67
Tabela 22 – Contribuição e vazão em cada unidade descentralizada - 2015.....	69
Tabela 23 – Dimensionamento do RSB, e sumidouro e da massa de lodo a ser retirada - 2015.....	71
Tabela 24 – Custos de implantação em 20 anos.....	76
Tabela 25 – Valores presentes líquidos - custos de implantação e operação em 20 anos.....	79
Tabela 26 – Implantação SES Centralizado e SES Descentralizado.....	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DBO	- Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	- Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	- Instituto Agrônômico do Paraná
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	- Norma Brasileira
QCPD	- Quadro confronto produção x demanda
RSB	- Reator Sequencial em Batelada
SANEPAR	- Companhia de Saneamento do Paraná
SBR	- <i>Sequencing Batch Reactor</i>
SEMA	- Secretaria de Meio Ambiente
SNIS	- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SSTA	- Sólidos Suspensos Totais no Afluente
SST	- Sólidos Suspensos Totais
SSV	- Sólidos Suspensos Voláteis
SSVTA	- Sólidos Suspensos Voláteis no Tanque de Aeração

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	Objetivo Geral	15
1.1.2	Objetivos Específicos	15
1.2	JUSTIFICATIVAS	15
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	EVOLUÇÃO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	17
2.2	NÍVEL DE ATENDIMENTO RELACIONADO AO ESGOTO SANITÁRIO E IMPACTOS NO BRASIL	20
2.3	ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS IMPORTANTES	24
2.4	SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	27
2.4.1	Reator Sequencial em Batelada (RSB)	29
2.4.2	Disposição do Efluente Tratado	31
2.5	CUSTOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	32
2.5.1	Custos com tratamento de esgoto sanitário	33
2.5.2	Custos com coleta de esgoto sanitário	34
2.5.3	Custos com secagem e destinação de lodo	35
2.5.4	Custos de operação e manutenção	36
3	MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1	LEVANTAMENTO DE DADOS DO MUNICÍPIO	37
3.1.1	Área de estudo	37
3.1.2	Características do município	38
3.1.3	Dados sobre o saneamento	41
3.2	SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	43
3.2.1	Locais para unidades descentralizadas	43
3.2.2	Características qualitativas do esgoto	44
3.2.3	Vazão de esgoto	45
3.2.4	Dimensionamento de RSB	48
3.2.5	Disposição do efluente tratado	50
3.2.6	Destinação do lodo	53
3.3	ESTIMATIVA DE CUSTOS	54
3.3.1	RSB	54
3.3.2	Efluente tratado	54
3.3.3	Secagem e destinação de lodo	55
3.3.4	Rede coletora de esgotos	55
3.3.5	Operação e manutenção	56
3.3.6	Desapropriação	56
3.3.7	Outros custos	56
3.3.8	Valor presente líquido	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
4.1	SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	59
4.1.1	Locais para unidades descentralizadas	59
4.1.2	Características qualitativas do esgoto	60
4.1.3	Vazão de esgoto	61
4.1.4	Dimensionamento do RSB	69
4.1.5	Disposição de efluente tratado	70
4.1.6	Secagem e destinação de lodo	70
4.2	ESTIMATIVA DE CUSTOS	75
4.2.1	RSB	75
4.2.2	Efluente tratado	76
4.2.3	Secagem e destinação de lodo	76
4.2.4	Rede coletora de esgotos	77
4.2.5	Operação e manutenção	77
4.2.6	Desapropriação	78
4.2.7	Valor presente líquido	78
4.3	COMPARAÇÃO COM PROJETO PROPOSTO PELA SANEPAR	79

5 CONCLUSÕES.....	83
REFERÊNCIAS.....	85
ANEXO A - QUADRO DE AMOSTRAS DE CUSTOS DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (PACHECO, 2011).	95
ANEXO B – LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO DA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO.	98
ANEXO C – CARACTERIZAÇÃO DE ESGOTO BRUTO DE TRÊS BARRAS DO PARANÁ (SANEPAR, 2017).	99
ANEXO D – QUADRO CONFRONTO <i>VERSUS</i> DEMANDA DE CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES/PR (SANEPAR, 2014).	101
APÊNDICE A – ALTERNATIVA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DA ÁREA URBANA DE CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES/PR, CONSIDERANDO DESCENTRALIZAÇÃO DE TRATAMENTO.	102
APÊNDICE B – PROPOSTA DE FORNECEDOR PARA INSTALAÇÃO DE RSB (HYDRO Z, 2017).	103

1 INTRODUÇÃO

Na lei federal nº 11.445/2007, também chamada de “Lei do Saneamento Básico”, é citada como princípio fundamental a universalização do acesso ao saneamento e a adoção de métodos que considerem as peculiaridades locais e regionais (BRASIL, 2007).

Analisando os índices mais recentes de coleta e tratamento de esgotos do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS), até 2016 era coletado 51,9% do esgoto gerado no Brasil e tratado 74,9% desse coletado. Considerando o esgoto gerado, o percentual de tratamento era de 44,9% (SNIS, 2018).

Isso mostra que a universalização do acesso, citada na lei federal de 2007, ainda está um pouco distante da realidade brasileira. Mais ainda quando são comparados os índices da área urbana com a rural. Por exemplo, conforme mesmo diagnóstico do SNIS citado, para todas as regiões o índice de coleta e tratamento de esgotos na área urbana é maior quando se analisa o total (urbano mais rural). Ou seja, os percentuais de atendimento na área rural são menores aos da área urbana.

Com relação aos estados e regiões brasileiras também é possível identificar uma heterogeneidade no atendimento. Até 2016 o índice de coleta de esgotos na região norte era de 10,5%, enquanto que na região sudeste era de 78,6% (SNIS, 2018).

Além dessa questão do atendimento, a gestão do esgoto sanitário enfrenta outros problemas, dentre os quais é possível destacar os lançamentos indevidos de águas pluviais e efluentes industriais na rede coletora, alterando as características desse esgoto que será recebido na estação de tratamento, projetada para tratar apenas esgoto doméstico. Nesse sentido destaca-se a importância de se ter uma caracterização qualitativa desse efluente quando do projeto do sistema de tratamento, evitando a utilização de apenas valores da literatura.

Nesse contexto, Oliveira (2006) ao analisar cerca de 50.000 dados operacionais de 208 estações de tratamento de esgotos nos estados de Minas Gerais e São Paulo, compreendendo 21 processos de tratamento, verificou uma concentração mais elevada para o esgoto bruto do que usualmente expresso na literatura, em termos de DBO, DQO, sólidos suspensos totais e nitrogênio total. A pesquisadora constatou também em alguns casos eficiências de tratamento inferiores às que são reportadas usualmente.

Os níveis precários de atendimento, os lançamentos indevidos, as concepções inadequadas nos projetos, as discrepâncias entre desempenho previsto e desempenho real, dentre outros, são características que podem acarretar efetivos prejuízos ao homem e ao meio ambiente. Em todo o mundo, considerando todas as mortes causadas por diarreias até 2013, quase 90% foram causadas por falta de saneamento adequado (TRATA BRASIL, 2013).

Diante dessas circunstâncias e a partir do grande *déficit* relacionado à coleta e ao tratamento do esgoto, tem se buscado e avaliado alternativas que proporcionem uma evolução desse serviço, e que seja capaz de gerar melhoria na qualidade de vida da população. Dessa forma, o conceito de “tratamento descentralizado” vem ganhando força nos debates e na comunidade científica. De acordo com Tchobanoglous e Crites (1998), os sistemas de tratamento descentralizado de esgoto são sistemas intermediários entre o tratamento *in loco* (daquele gerado no próprio local) e o centralizado, abrangendo coleta, tratamento e disposição final do efluente.

Desde então diversos estudos têm sido desenvolvidos com esse tema (COLARES & SANDRI, 2013; PAROLIN *et al.*, 2012; PHILIPPI *et al.*, 2004; WEBER *et al.*, 2015b; SEZERINO *et al.*, 1998). Tecnicamente as pesquisas tiveram bons resultados, permitindo a conclusão de que as alternativas descentralizadas são viáveis de aplicação pelas eficiências encontradas.

No entanto, vale comentar que ainda são escassas as pesquisas com viés relacionado ao planejamento, que auxiliem os gestores na tomada de decisão, envolvendo um “confronto” entre essas duas abordagens, inclusive no que diz respeito a custos. Embora em um sistema descentralizado os custos com transporte de esgoto sejam menores, com provável eliminação de elevatórias (WILDERER & SCHREFF, 2000), ainda não há definições com relação à gestão e manutenção após entrega de um sistema desse tipo.

Em empreendimentos imobiliários, por exemplo, quando é implantado um sistema de tratamento para os esgotos domésticos gerados, muitas vezes com reúso de águas cinzas, não se sabe quais os responsáveis pela manutenção da unidade após a entrega por parte do construtor, o que se torna uma barreira à sua implantação em larga escala, ficando evidente a necessidade de legislações específicas com deveres e atribuições de cada parte envolvida.

Outra questão que merece importância diz respeito a esse transporte de esgoto citado. No Brasil é comum a implantação de rede coletora de esgoto anterior à da estação de tratamento. E ainda há inúmeras cidades de pequeno porte com rede coletora de esgoto incipiente ou praticamente desprezível, sendo necessárias ampliações e soluções para o tratamento, para evitar que todo o esgoto seja coletado e lançado em um único ponto, sendo mais prejudicial ao meio ambiente e preferível, nesses casos, o lançamento individual de cada parcela gerada. Essas cidades a princípio se tornam um foco interessante dessa comparação.

Dessa forma, esta pesquisa se insere neste contexto por apresentar uma comparação entre as abordagens centralizada e descentralizada na gestão do esgoto de um município de pequeno porte no estado do Paraná.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Propor alternativa descentralizada para esgotamento sanitário do município de Capitão Leônidas Marques/PR.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade do esgoto gerado através da obtenção de dados de caracterização qualitativa;
- Identificar locais para as unidades descentralizadas;
- Dimensionar as unidades descentralizadas;
- Estimar custos de implantação e manutenção das unidades descentralizadas e
- Comparar com projeto centralizado proposto pela companhia de saneamento.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Pelos recentes dados de atendimento com coleta e tratamento de esgotos no país, alternativas de tratamentos descentralizados podem atender locais que hoje não tem acesso ao sistema público de coleta e tratamento, pela topografia desfavorável, por exemplo. Essa alternativa de tratamento minimizaria impactos ambientais em corpos hídricos e impactos à saúde humana, com resultados satisfatórios do ponto de vista de remoção de parâmetros para lançamento no corpo receptor ou disposição no solo.

Um exemplo de município de pequeno porte, com população de até 15 mil habitantes e topografia desfavorável ao sistema convencional de esgotamento sanitário, pela necessidade de grandes extensões de interceptores e/ou estações elevatórias de esgotos para adequado encaminhamento do efluente até a estação de tratamento de esgotos (em local que possibilite o atendimento de todo o município), é

Capitão Leônidas Marques, localizado na região oeste do estado do Paraná. O município hoje não é atendido com coleta e tratamento de esgoto. Dessa forma, as unidades descentralizadas podem ser técnica e economicamente viável e indicadas para o atendimento ao local.

Como já existe projeto para o sistema de esgotamento sanitário do local, com uso de lodos ativados como solução para o tratamento, optou-se pelo uso de reatores sequenciais por batelada, *sequencing batch reactor* (SBR), como forma de tratamento em unidades descentralizadas, pela similaridade com a tecnologia proposta pela Companhia de Saneamento do Paraná, possibilitando, inclusive, comparação entre os custos de implantação desse tipo de sistema com o centralizado, uma vez que as eficiências são também similares.

Além disso, de forma geral a descentralização demanda menor consumo de energia e ainda pode ser integrada à arquitetura e ao paisagismo. Ainda, não são raros os empreendimentos imobiliários e industriais que têm buscado alternativas para tratamento de seus efluentes gerados, não só para atendimento a questões ambientais, mas também para obtenção de economia com reúso de águas cinzas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As formas de atendimento com sistemas de esgotamento sanitário vêm sofrendo modificações desde o início da história do homem com as primeiras comunidades. Uma das razões é a própria legislação em cada local, com exigências cada vez maiores, não só com relação ao atendimento a um maior número de pessoas, mas também com uma melhor eficiência no tratamento do esgoto coletado, para reduzir impactos ao meio ambiente e à saúde humana, quando do lançamento desse efluente em um corpo receptor.

Para cumprimento dessas exigências, formas alternativas de esgotamento sanitário vêm sendo estudadas, para reduzir custos e viabilizar a implantação em locais de difícil acesso pelos métodos convencionais. Uma dessas formas alternativas diz respeito ao sistema descentralizado de esgotamento sanitário.

A seguir segue uma breve revisão de literatura relacionada, direta ou indiretamente, com as questões mencionadas.

2.1 EVOLUÇÃO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Em virtude de uma série de inconvenientes vinculados ao esgoto doméstico, e que ainda serão abordados nesta revisão, o gerenciamento correto deste despejo envolve um “sistema de esgoto sanitário”. Desde os primórdios quando das primeiras aglomerações urbanas, até os dias atuais, a evolução na gestão de esgotos foi bastante acentuada.

De acordo com Sobrinho e Tsutiya (2000), na idade média os excretas eram enterrados ou deixados na rua, tais como os resíduos sólidos, e levados pelas chuvas. Era terminantemente proibido lançar o esgoto nas tubulações de águas pluviais, já existentes em alguns locais, como a Europa. Até o início do século XIX, não se conheciam os sistemas de esgotos tais como são hoje em dia (AZEVEDO NETTO & ACOSTA ALVAREZ, 1973). Somente em 1815, na cidade de Londres, ocorreu a permissão para se lançar o esgoto nas galerias pluviais, o que ficou conhecido como “sistema unitário” de esgotamento. Este sistema, portanto, consiste no escoamento

de esgoto e águas pluviais em uma mesma tubulação. Essa modalidade se propagou especialmente na Europa, no final do século XIX, porém, houve uma série de inconvenientes em regiões tropicais com elevados índices de pluviosidade, e a necessidade de grandes diâmetros nas tubulações.

Para minimizar este problema foi desenvolvido então um sistema no qual eram coletadas e conduzidas às galerias, além das águas residuárias domésticas, as águas pluviais provenientes de telhados e pátios. Criava-se, então, o Sistema Separador Parcial, com custos de implantação inferiores ao do sistema unitário para regiões com elevada precipitação (AZEVEDO NETTO & ACOSTA ALVAREZ, 1973)

Por fim, o sistema separador absoluto foi desenvolvido mais tarde, em 1879, pelo Cel. George Waring, e aplicado pela primeira vez na cidade de Memphis (EUA). Neste sistema, as águas pluviais e o esgoto sanitário são conduzidos em tubulações independentes. É o sistema usualmente admitido pelo poder público no Brasil. Para a NBR 9.648 (ABNT, 1986a) é o “Conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados a coletar, transportar, condicionar e encaminhar somente esgoto sanitário a uma disposição final conveniente, de modo contínuo e higienicamente seguro”.

Esse sistema é composto por coleta (rede coletora e interceptores), bombeamento (quando necessário), tratamento (centralizado) e disposição final do efluente tratado, geralmente com seu lançamento em algum corpo receptor previamente estudado e apto a receber esse poluente (NUVOLARI, 2011).

É importante destacar também as soluções individuais de esgotamento (*onsite systems*), que consistem em alternativas para localidades que não foram atendidas pelo sistema formal de esgotamento. A princípio essas alternativas deveriam ser colocadas em prática somente em regiões rurais e/ou afastadas dos grandes agrupamentos demográficos. No entanto, como se verá adiante, constata-se que no Brasil o atendimento pelo sistema de esgoto é deficiente mesmo em regiões urbanas.

Neste sentido, destacam-se os tanques sépticos, uma forma de reator anaeróbio de fácil construção e baixo custo, sendo uma boa opção para tratamento primário de esgoto (FUNASA, 2014). Também chamados de fossas sépticas ou decanto-digestores, são os tipos mais comum de tratamento individual no Brasil e a implantação dessas unidades deve seguir diretrizes da NBR 13.969 (ABNT, 1997) e da NBR 7.229 (ABNT, 1993).

Segundo dados do IBGE, em 2010 dos quase 26 milhões de domicílios sem atendimento com coleta de esgoto, 81% tinham fossas sépticas ou fossas rudimentares como solução individual para o esgoto gerado (IBGE, 2010).

O primeiro tanque séptico implantado foi proposto pelo francês Jean Louis Mouras em 1881, na pequena cidade de Versoul. Cerca de quinze anos depois foi visto na Grã Bretanha, onde de fato recebeu o nome conhecido até hoje. A divisão em duas câmaras foi proposta pelo alemão Karl Imhoff, em 1903. No Brasil esse tipo de tratamento foi mais difundido a partir de 1930 (MELO & AZEVEDO NETTO, 1988).

Outro tipo de tratamento individual mais recente bastante utilizado diz respeito aos sistemas de *wetlands* construídos. Pode ser definido como um ecossistema de transição entre ambientes terrestres e aquáticos, onde diversos agentes interagem, recebendo, doando e reciclando a matéria orgânica de forma contínua (PHILIPPI *et al.*, 2004). Na literatura são encontrados sinônimos como leitos de macrófitas emergentes (MAVIOSO, 2010), tratamento por zonas de raízes (WEBER *et al.*, 2015a; PAROLIN *et al.*, 2012), filtros plantados, leitos cultivados (COLARES & SANDRI, 2013; VALENTIM, 1999), dentre outros.

O tratamento de esgotos com *wetlands* começou a ser discutido e ter espaço na literatura a partir dos anos 1980, mesmo período das primeiras experiências brasileiras (SALATI *et al.*, 1999). Pela simplicidade do sistema e pelo elevado índice de tratamento, o uso mais difundido passou a ter crescimento acelerado a partir de 1985 (KADLEC *et al.*, 2009).

Como forma intermediária entre sistemas individuais e centralizados há os sistemas descentralizados, também comumente chamado na literatura de *clusters systems* (MASSOUD *et al.*, 2009; SANTOS, 2013; WANG, 2014).

Nesse sentido, vê-se na literatura uma grande diversidade de definições, sendo que as mesmas tecnologias utilizadas nos sistemas *onsite* podem também ser utilizadas nos sistemas descentralizados, para uma comunidade ou área pré-estabelecida. Em FUNASA (2014) são dados alguns critérios para projeto e implantação dessas unidades e são dadas como alternativas: tanques sépticos e filtros plantados. Ainda, são citados também filtros de areia e lagoas anaeróbias, formas de tratamento dos sistemas centralizados.

Sendo tratada como forma individual ou descentralizada, essa forma de gestão de esgoto sanitário está presente em todo o mundo, como dados apresentados no item sobre os sistemas descentralizados.

2.2 NÍVEL DE ATENDIMENTO RELACIONADO AO ESGOTO SANITÁRIO E IMPACTOS NO BRASIL

Conforme já mencionado anteriormente, as formas descentralizadas de esgotamento sanitário podem aumentar os percentuais de atendimento com coleta e tratamento de esgoto, uma vez que no Brasil esses números ainda estão longe da universalização do acesso, conforme descrito a seguir.

A partir da análise de dados recentes a respeito do esgotamento sanitário no país, constata-se que a coleta e tratamento de esgotos atinge uma parcela pequena da população. Segundo o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto de 2015, publicado pelo SNIS (SNIS, 2015), pouco mais de 50% da população do país era atendida com coleta de esgoto, como já mencionado anteriormente. Com relação ao tratamento, o percentual era de 42,7% do esgoto gerado.

Na Tabela 1 são mostrados os tipos de soluções para o esgoto doméstico gerado no Brasil, até 2010, e também as diferenças existentes entre área urbana e rural, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Tabela 1 – Tipo de esgotamento sanitário por domicílios.

Situação do Domicílio	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro tipo	Ausente
Urbano	31.534.745	5.531.514	9.652.891	918.570	950.081	349.072	289.878
Rural	252.121	1.121.903	4.367.739	478.996	242.760	408.783	1.225.114
Total	31.786.866	6.653.417	14.020.630	1.397.566	1.192.841	757.855	1.514.992

Fonte: IBGE (2010).

Os mesmos dados foram convertidos em gráfico para facilitar a visualização das diferenças entre área urbana e rural, quando se fala em esgotamento sanitário, conforme Gráfico 1.

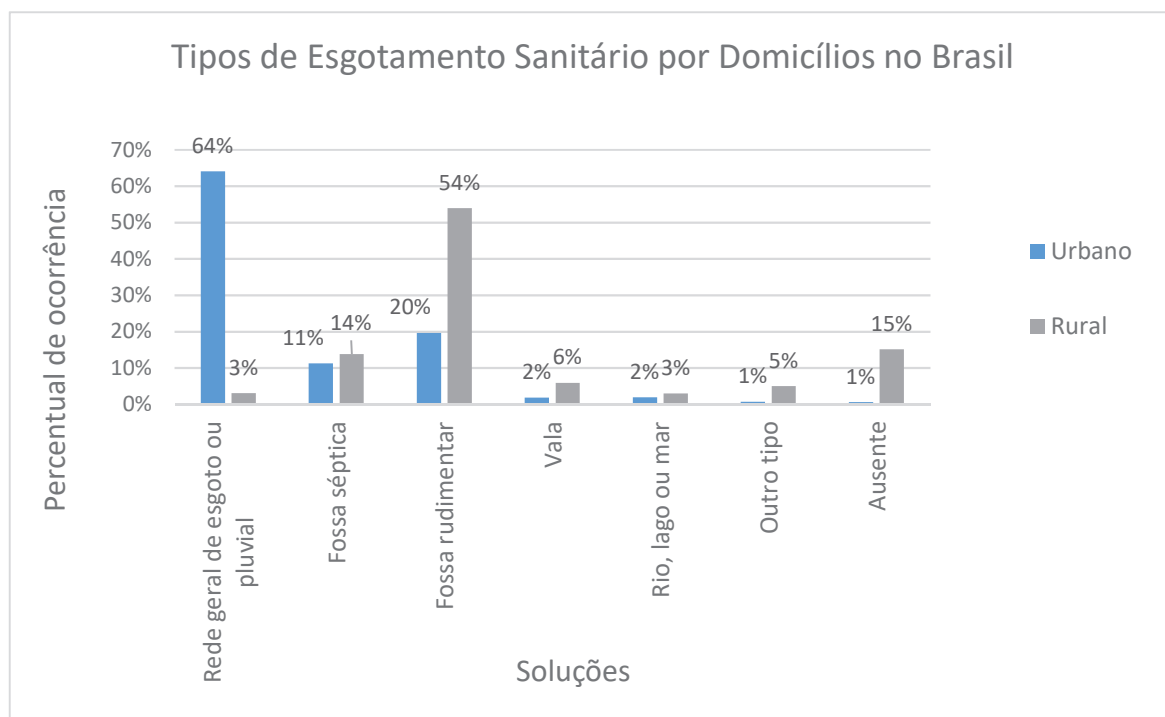


Gráfico 1 – Comparação entre tipos de esgotamento sanitário por tipos de domicílio no Brasil.
Fonte: Autoria Própria. Elaborado a partir de IBGE (2010).

O sistema mais comum de tipo de esgotamento sanitário utilizado pela população urbana, a rede pública de coleta, só está presente em 3% dos domicílios localizados em áreas rurais. As soluções mais adotadas nesses locais dizem respeito à fossa rudimentar (54%) e fossa séptica (14%). Dado preocupante refere-se à falta de qualquer tipo de sistema, recorrente em 15% dos casos.

Essa ausência de rede de esgoto na área rural pode ser explicada pelo índice de rede coletora *per capita*, que é maior que aquele da área urbana, devido à baixa densidade populacional, tornando o sistema inviável nessas áreas (OLIVEIRA JR, 2013). A situação citada é representada no Gráfico 2.

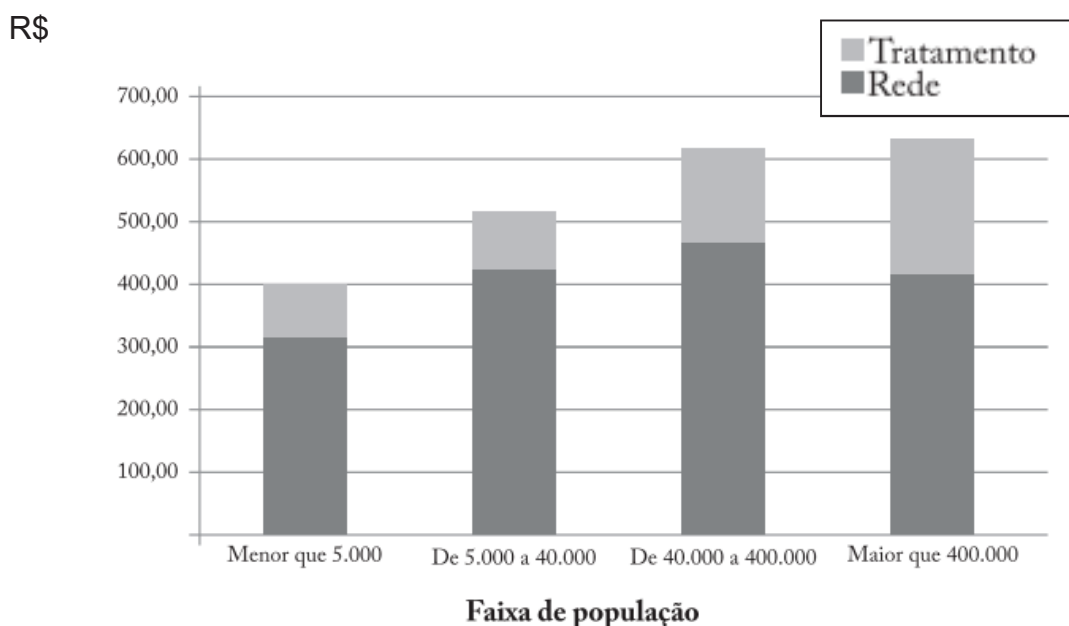


Gráfico 2 – Custo per capita de implantação de sistemas de esgotamento sanitário no Brasil.
Fonte: SNIS, 2008 (apud OLIVEIRA JR, 2013).

Conforme os gráficos anteriores, quanto menor a população, maiores os custos de coleta em relação ao sistema como um todo (coleta + tratamento), não sendo viável um sistema convencional de esgotamento sanitário nesses locais.

Conforme SNIS (2015), dos 399 municípios do estado do Paraná, 345 são atendidos com serviços de abastecimento de água pela Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), e desses, 174 com serviços de esgotamento sanitário, com média de 49,19% de atendimento para a área total e 64,50% de atendimento da área urbana, comprovando também as diferenças de atendimento às áreas urbanas e rurais.

Diferenças estatísticas entre o saneamento urbano e rural não são exclusivas do Brasil. Segundo Philippi Junior *et al.* (2005), em 1998 no Egito e Bangladesh, por exemplo, o percentual de domicílios sem banheiro na área urbana era de 54% e 51%, respectivamente, enquanto que na área rural era de 94% e 96%, respectivamente.

Com relação às formas individuais de eliminação de efluentes, em 2001, conforme *Organización Panamericana de La Salud* (OPAS) sobre as condições de saneamento nas Américas e Caribe, 49% da população dispunha de rede coletora de esgoto e que pelo menos 30% utilizavam sistemas *in situ* (OPAS, 2001).

É importante mencionar que o lançamento *in natura* do esgoto doméstico não coletado pode causar problemas à saúde do homem e ao meio ambiente, aumentando a demanda por serviços de saúde, podendo também inviabilizar o uso previsto do corpo d'água, conforme grau de poluição (PHILIPPI JUNIOR *et al.*, 2005).

Com relação ao meio ambiente, Nuvolari (2011) apresenta uma série de inconvenientes decorrentes do lançamento de esgoto sanitário nos corpos d'água, como: redução do oxigênio dissolvido (OD), que deve ser de no mínimo 5 mg/L para rios classe 2 (CONAMA, 2005); odores desagradáveis e possibilidade de contaminação de animais e seres humanos quando do contato com essa água.

Na Figura 1 são mostrados alguns dos principais impactos causados ao meio ambiente.

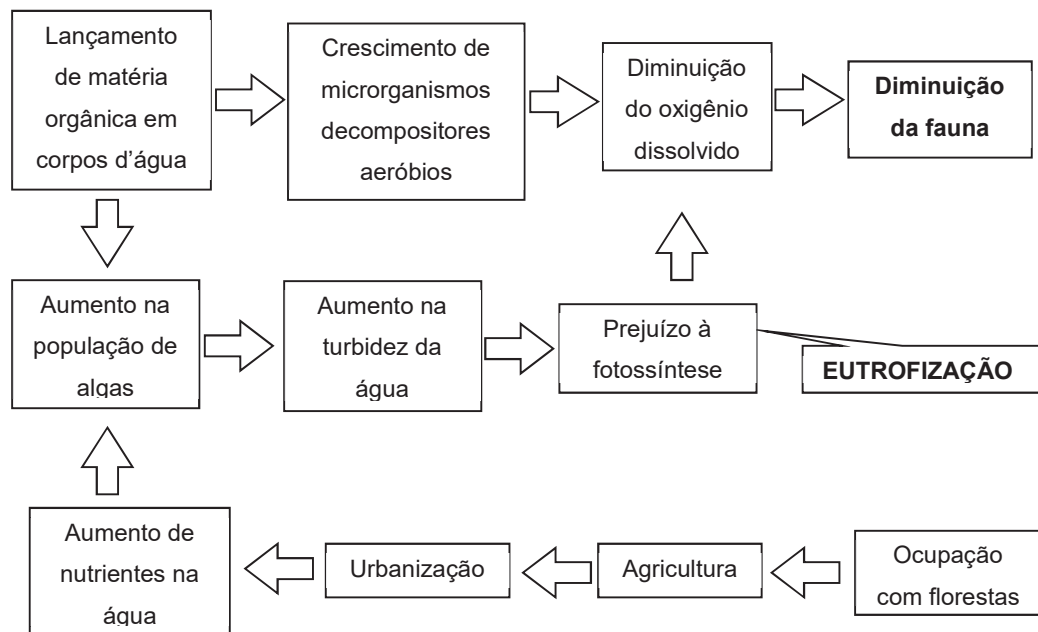


Figura 1 – Impactos ao meio ambiente relacionados com esgoto sanitário.

Fonte: Elaborado a partir de Nuvolari, 2011 e Von Sperling, 1996.

Do ponto de vista da saúde humana, a falta de saneamento, bem como o gerenciamento inadequado do esgoto sanitário, pode causar doenças como ancilostomíase, amebíase, cólera, esquistossomose, febre tifoide, teníase, cisticercose, dentre outras (FUNASA, 2006).

Alguns estudos de caso corroboram as afirmações anteriores, como mostrando na Tabela 2.

Tabela 2 – Estudos relacionando saneamento e doenças.

Estudo	Local	Ocorrência	Causa
Bandeira (2017)	Goiânia/GO	Número de internações por doenças como diarreias	Serviços precários ou inexistentes de saneamento básico
Nugem (2015)	Porto Alegre/RS	Maiores concentrações de leptospirose	Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI)
Moura <i>et al.</i> (2010)	Vários estados brasileiros	Maiores riscos de diarreias	Falta de saneamento básico

Fonte: Adaptado de Bandeira (2017), Nugem (2015) e Moura *et al.* (2010).

Jordão e Pessôa (2014) também citaram de forma ampla os inconvenientes desse gerenciamento inadequado dos esgotos, sendo tanto de natureza de saúde pública quanto de natureza econômica. Entre as consequências indesejáveis, estão: maior incidência de doenças e os incômodos próprios delas, aumento da mortalidade infantil, redução da produtividade, entre outras já mencionadas.

Diante de todas essas explicações acerca da situação do saneamento no país, evidenciando reduzidos índices de coleta e, sobretudo, tratamento para boa parte do esgoto gerado, e diante da série de inconvenientes que essas faltas podem acarretar ao meio ambiente e ao homem, é certo que algumas ações devem ser tomadas, como a introdução e/ou popularização de novas tecnologias, como as formas descentralizadas de esgotamento sanitário.

Nesse contexto, tornam-se essenciais para a tomada de decisão os estudos de viabilidade de formas descentralizadas de tratamento.

2.3 ASPECTOS LEGAIS E NORMATIVOS IMPORTANTES

No país há algumas diretrizes para conservação de recursos hídricos, promoção de saneamento básico, lançamento de efluentes, licenciamentos ambientais e outros assuntos relacionados ao tema, sob a forma de leis federais, estaduais, resoluções, dentre outros. Essas diretrizes devem ser levadas em consideração quando da

elaboração de um projeto de sistema de esgotamento sanitário, principalmente no que diz respeito ao lançamento do efluente tratado em um corpo receptor, daí a importância de serem estudadas.

Em âmbito federal, algumas leis fornecem informações para redução de impactos ambientais, designando responsabilidades e deveres, com objetivos de manutenção e preservação das águas. Mais especificamente sobre o saneamento, há também diretrizes em leis federais. Na Tabela 3 há um resumo das principais leis sobre o assunto.

Tabela 3 – Leis Federais sobre saneamento.

Lei	Disposições e Diretrizes
9.433/1 997	Política Nacional de Recursos Hídricos (“lei das águas”). Objetivo: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”.
6.938/1 981	Política Nacional do Meio Ambiente. Objetivo: de preservar, melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida, garantindo desenvolvimento socioeconômico do país. Princípios que devem ser atendidos: planejamento e fiscalização do uso de recursos ambientais, controle de atividades poluidoras, recuperação de áreas degradadas, educação ambiental, entre outros.
11.445/ 2007	Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e altera leis anteriores. Princípios fundamentais: a universalização do acesso, a adoção de métodos que considerem as peculiaridades locais, a integração das infraestruturas e serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos, a adoção de medidas para moderação do consumo de água, entre outros. Determina que o esgotamento sanitário é constituído por coleta, transporte, tratamento e disposição final adequado dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o lançamento no meio ambiente.

Fonte: Adaptado de BRASIL (1981), BRASIL (1997) e BRASIL (2007).

Da análise preliminar das duas primeiras leis citadas na Tabela 3, conclui-se que, pelo caráter poluidor do esgoto doméstico, faz-se necessária sua correta destinação para não degradar o corpo receptor, garantindo sua qualidade para gerações futuras, dependendo, para isso, de planejamento e fiscalização do uso desse corpo que virá a receber os dejetos, seja hídrico ou o próprio solo.

Com relação às diretrizes ambientais, na resolução 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2011) são mencionadas as condições e padrões de lançamento de efluentes. Pelo que determina a resolução, destaca-se que mesmos os efluentes dispostos no solo, ainda que tratados, não podem causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Quanto aos padrões para lançamento, são determinados valores para pH, temperatura, materiais sedimentáveis, óleos e graxas, DBO, dentre outros, conforme Tabela 4 (CONAMA, 2011), que contém, ainda, valores da legislação estadual, Resolução nº 21 de 2009 da Secretaria de Meio Ambiente (SEMA, 2009), e os máximos permitidos para atendimento à todas as condições citadas.

Tabela 4 – Parâmetros de lançamento de efluentes.

Parâmetros	CONAMA 430/2011	SEMA 21/2009	Limites máximos
pH	Entre 5 e 9	-	Entre 5 e 9
DBO ₅	Remoção mínima de 60%	Até 90 mg/L	Até 90 mg/L
DQO	-	Até 225 mg/L	Até 225 mg/L
Materiais Sedimentáveis	Até 1mL/L (teste de 1 hora em cone <i>Imhoff</i>)	-	Até 1mL/L (teste de 1 hora em cone <i>Imhoff</i>)
Óleos e graxas	Até 20 mg/L	Até 20 mg/L	Até 20 mg/L
Materiais flutuantes	Ausentes	-	Ausentes
Temperatura	Inferior a 40°C (variação máxima de 3°C no corpo receptor)	-	Inferior a 40°C (variação máxima de 3°C no corpo receptor)
Nitrogênio total	Até 20 mg/L	-	Até 20 mg/L
Vazão	1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor	-	1,5 vez a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor

Fonte: Adaptado de CONAMA (2011) e SEMA (2009)

De forma mais restritiva que a resolução do CONAMA citada, a DBO possui um valor máximo, independente do percentual de remoção, assim como a DQO.

Além de seguir os limites e intervalos dados na Tabela 4, deve-se levar em consideração que o corpo receptor deverá manter suas características e enquadramento após o lançamento em um ponto pré estudado e aprovado pelos órgãos ambientais pertinentes.

Para disposição de efluentes no solo, conforme já mencionado, não há na Resolução nº 430 do CONAMA parâmetros e padrões de lançamento, embora seja citado no documento que essa disposição não poderá causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Nesses casos devem ser obedecidos, portanto, alguns critérios de projetos para disposição de efluentes em solo, como da NBR 13.969/1997, com relação às distâncias mínimas a poços de captação de água, por exemplo.

2.4 SISTEMAS DESCENTRALIZADOS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Conforme mencionado, esse tipo de solução já está presente em todo o mundo. A partir de dados não tão recentes, mas significativos, nota-se que até 2002 nos Estados Unidos 60 milhões de pessoas usavam formas *onsite* de tratamento para os esgotos gerados (BRADLEY *et al.*, 2002, apud MASSOUD *et al.*, 2009).

Para a Grécia, Massoud *et al.* (2009) afirmaram que 14% da população é atendida com sistemas descentralizados, devido à sua localização em áreas rurais.

Na Turquia o tratamento centralizado é evitado devido ao alto custo de construção e operação, existindo tanques sépticos em até 28% dos municípios (MASSOUD *et al.*, 2009).

Considerando a universalização do acesso ao saneamento e as recomendações para que sejam avaliadas as particularidades de cada local quando da escolha do método adotado para atendimento com serviços de saneamento, citadas na lei federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007), em locais com uma topografia predominantemente acidentada, por exemplo, a implantação de um sistema centralizado para esgotamento sanitário pode ser inviável, pelo número de elevatórias necessário.

Nesse sentido, os métodos alternativos para atendimento a locais como esse podem ser a solução para aproximar o país da universalização comentada, tendo como um dos focos a participação da população atendida (PHILIPPI, 2000).

Segundo Massoud *et al.* (2009), em países em desenvolvimento, a falta de pesquisa e desenvolvimento leva a uma seleção inadequada da tecnologia de tratamento, em termos de fatores climáticos, recursos financeiros e aceitação cultural. Essa afirmação pode justificar os baixos índices de atendimento em algumas regiões do país.

De acordo com a USEPA (*United States Environmental Protection Agency*), os sistemas descentralizados são indicados para locais com baixa densidade populacional e condições variáveis do local, sendo mais econômicos que os centralizados (apud MASSOUD *et al.*, 2009).

Wilderer (2001a) também mencionou que a centralização nem sempre é a solução mais econômica, e nem a mais ecológica, complementa o autor, a partir da análise de experiências em países desenvolvidos.

Uma forma de explicar a afirmação dos autores citados é analisando um sistema de esgotamento sanitário como um todo. Os três componentes básicos são: coleta, tratamento e disposição final. Hoover (1999) afirmou que em um sistema centralizado, a coleta custa mais que 60% do custo total do sistema, principalmente em pequenas comunidades com baixas densidades (apud MASSOUD *et al.*, 2009).

Na realidade brasileira Jordão e Pessôa (2014) apontaram 85% do custo total de implantação de um sistema de esgotamento sanitário para a coleta.

Em um sistema descentralizado o foco está no tratamento e disposição final, reduzindo os coletores o máximo possível, o que explica os menores custos quando comparado ao sistema centralizado (LIER *et al.*, 1999).

Assim, coleta, tratamento, disposição final e/ou reúso dos esgotos de comunidades isoladas, casas e bairros, podem estar próximos ao local de geração (TCHOBANOGLOUS & CRITES, 1998), diferente, também do sistema *onsite* (no próprio local de geração), já que permite agrupar o tratamento de forma comunitária ou por vizinhança, como uma alternativa intermediária entre o sistema *onsite* e o sistema centralizado (NHAPI, 2004).

O número de residências para agrupamento e contribuição em uma unidade descentralizada pode variar. A USEPA (2005) indica um número de aproximadamente 100 residências. No Brasil, segundo Conama (2006), as estações descentralizadas são aquelas projetadas para tratar esgoto doméstico gerado por população de até 30.000 habitantes.

Entre os tipos mais comuns de unidades descentralizadas, pode-se citar o tanque séptico, o tratamento por raízes, mais conhecidos como *wetlands* construídos, filtros percoladores (FUNASA, 2014), além de formas utilizadas nos sistemas convencionais centralizados, ou ainda sistemas compactos de tratamento, como reator sequencial por batelada (RSB), em inglês *sequencing batch reactor* (SBR) (WILDERER, 2001a).

Há diversas pesquisas sobre esse tipo de tratamento, sendo o SBR bastante recomendado por especialistas, como na de Kalbar *et al.* (2013) e de Hoffmann *et al.* (2004), nas quais o SBR é apontado como um dos principais tipos de tratamento descentralizado, bem como em Guo *et al.* (2014), na qual o SBR é citado como uma tecnologia promissora para tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais.

As pesquisas que apontam o SBR como uma boa alternativa de tratamento descentralizado e o fato de ter sido utilizado no projeto proposto pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR, 2015) para o município de Capitão Leônidas Marques/PR o sistema de lodos ativados (similar ao SBR), motivaram a escolha desse tipo de reator, uma vez que um dos objetivos específicos desse estudo é comparar o sistema descentralizado proposto para o local com o sistema centralizado proposto pela Sanepar.

2.4.1 Reator Sequencial em Batelada (RSB)

Conforme mencionado, o reator sequencial por batelada é similar ao sistema de lodos ativados, mas de forma mais compacta, com as etapas de aeração, depuração de matéria orgânica, redução biológica de nutrientes e decantação acontecendo em um único tanque, permitindo, também, a remoção de fosfato (WILDERER, 2001b).

É composto pelas fases apresentadas na Figura 2, conforme explicado por Jordão e Pessoa (2014).

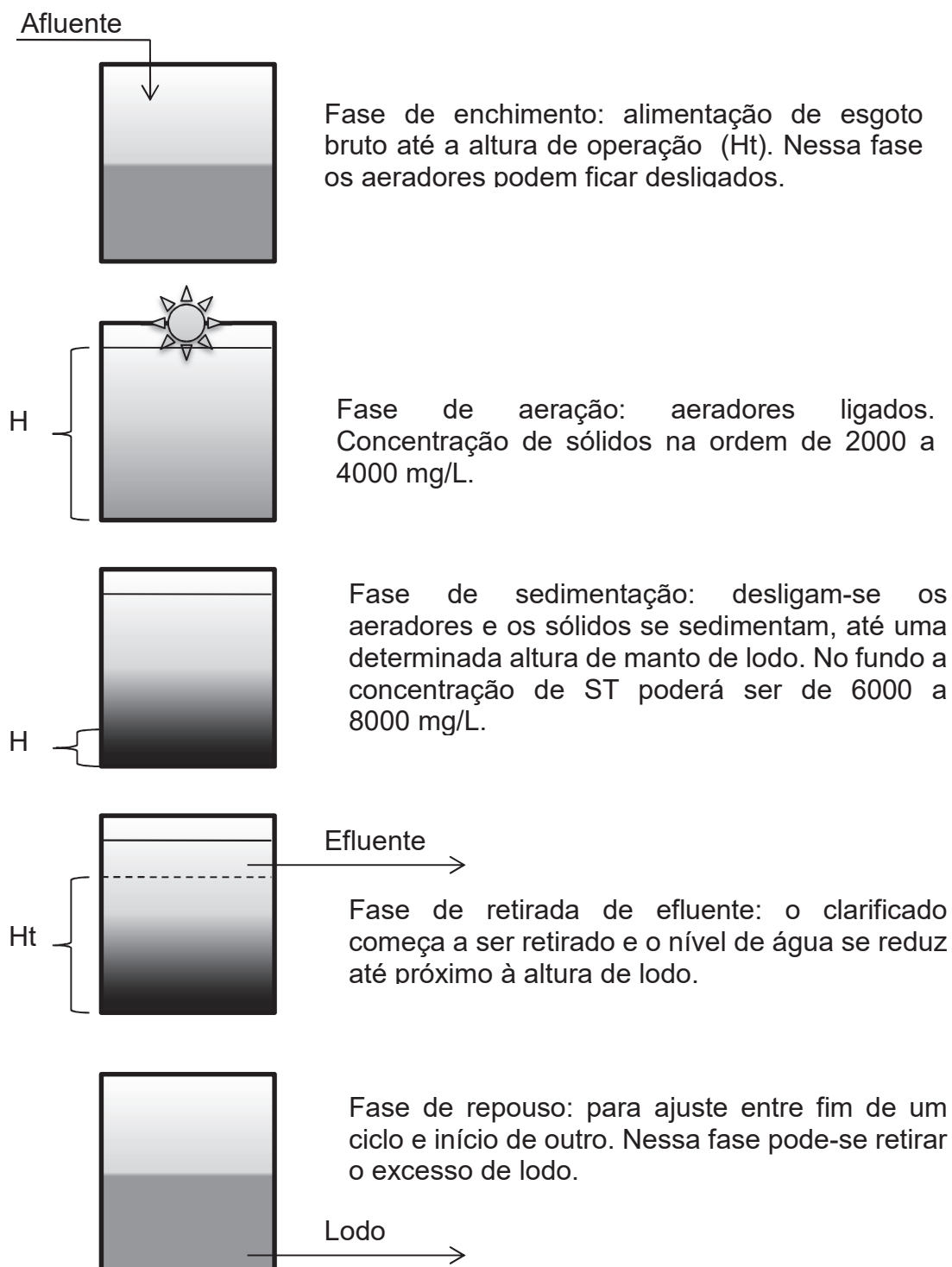


Figura 2 – Fases que compõe um RSB.

Fonte: Elaborado a partir de Jordão & Pessoa (2014).

Quanto à eficiência desse tipo de tratamento, na Tabela 5 são apresentados alguns resultados de pesquisas realizadas no Brasil.

Tabela 5 – Remoções de poluentes com uso de RSB.

Parâmetros	FERNANDES <i>et al.</i> (2013) – Florianópolis/SC	CYBIS <i>et al.</i> (2004) – Rio Grande do Sul	OSELAME (2013) – Florianópolis/SC
DQO	83% ¹	90%	94% ¹
Nitrogênio Amoniacal	60%	90%	99%
SST	70%	85%	-

Fonte: Elaborado a partir de Fernandes *et al.* (2013), Cybis *et al.* (2004) e Oselame (2013). 1 remoção de DQO solúvel.

Da análise da tabela anterior, ficam comprovados os bons resultados de remoções de matéria orgânica, com valor médio de DQO de 89%, além de resultados satisfatórios também em remoções de nitrogênio e sólidos.

2.4.2 Disposição do Efluente Tratado

Como formas de disposição final de efluentes, na NBR 13.969 (ABNT, 1997) são citadas: valas de infiltração, sumidouro, galeria de águas pluviais, lançamento em águas superficiais, ou ainda o reúso no local.

Como o objetivo é reduzir custos no sistema de esgotamento sanitário como um todo, será detalhado como forma de disposição final a infiltração no solo, verificada a garantia de que não há nos pontos de implantação dessas unidades poços de captação de água de abastecimento.

Uma forma de infiltração no solo bastante comum é o sumidouro. Conforme a norma 13.969 (ABNT, 1997), seu uso é recomendado apenas em locais onde o aquífero freático se encontra a maiores profundidades podendo-se garantir a distância mínima entre o fundo e o nível do lençol de 1,50 m, conforme Figura 3.

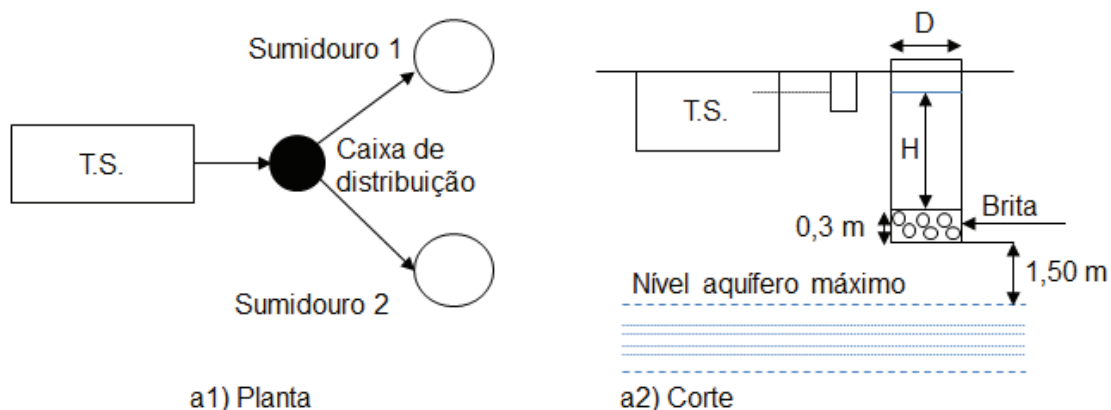


Figura 3 – Sumidouro e distâncias mínimas.
Fonte: ABNT, 1997.

2.5 CUSTOS DE SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Conforme Jordão e Pessôa (2014), os custos de implantação de um sistema de esgotamento sanitário podem ser divididos da seguinte forma:

- 85% com coleta (sendo 75% da rede coletora e 10% com interceptores);
- 14% com tratamento;
- 1% com elevatórias.

Os autores não fazem referência sobre a área em que está sendo implantado o sistema, mas a topografia desfavorável poderá acarretar em custos mais altos de bombeamento. Ainda, em se tratando de município de pequeno porte, esse maior custo poderá inviabilizar a implantação do sistema com formas convencionais.

Há também pesquisas a respeito desse custo total de implantação de um sistema de esgotamento sanitário, com valores diferentes dos citados por Jordão & Pessôa (2014), conforme Tabela 6.

Tabela 6 – Custos de implantação de SES

Parte do SES	Costa (2010) ¹	Brudeki & Aisse (2007)	Cervi (2014) ³
Coleta	De 20 a 29%	81%	85%
Tratamento	De 71 a 80%	10% ²	3%
Bombeamento	-	9%	15%

Fonte: Elaborado a partir de Costa (2010), Brudeki & Aisse (2007) e Cervi (2014). 1 a pesquisa foi feita a partir de 3 projetos para comunidades com até 650 domicílios e poucos comércios. 2 o custo de tratamento corresponde a RALF + filtro biológico, para Q = 70 L/s e população de quase 30 mil habitantes. 3 os custos correspondem à implantação de SES em município de pequeno porte, com crescimento para até 6.310 habitantes.

Mesmo com as diferenças de escala de cada pesquisa no que diz respeito à população atendida pelo sistema de esgotamento sanitário, naquelas em que foi considerado o bombeamento, os custos foram bem superiores aquele dado por Jordão & Pessoa (2014), corroborando a possibilidade de se tornar inviável a implantação de um sistema centralizado para municípios de pequeno porte com topografia desfavorável.

A seguir segue breve revisão acerca dos custos com tratamento e coleta de esgoto sanitário, além daqueles de operação e manutenção dos sistemas. Como em um sistema descentralizado evita-se o uso de bombeamento, já que as unidades de tratamento são implantadas em locais favoráveis ao encaminhamento do esgoto daquela área de contribuição por gravidade, nesse momento não serão comentados sobre custos de bombeamento.

2.5.1 Custos com tratamento de esgoto sanitário

Para RSB, na Tabela 7 são mostrados alguns valores dados em pesquisas em diversos locais.

Tabela 7 – Custos de implantação de RSB.

Autor/Local	Característica	Valor de implantação (R\$)
LUZ (1998) – Praia Brava/SC	Vazão de 158,90 m ³ /dia e volumes 3 x 150 m ³	R\$ 239.000,00
JAFARINEJAD (2017) – Tehran, Irã	Vazão de 4800 m ³ /dia	R\$ 4.200.000,00
PACE & HARLOW (2000) – Washington/EUA	Reatores com 2 x 666 m ³	R\$ 14.184.237,00

Fonte: Elaborado a partir de Luz (1998), Jafarinejad (2017) e Pace e Harlow (2000).

Para lodos ativados por batelada, uma forma de tratamento similar ao RSB e mais documentada na literatura, Pacheco (2011) apresentou quadro com diversos valores de implantação desse tipo de tratamento em vários estados brasileiros (Anexo A), com valor médio de R\$ 140,00/hab, similar ao valor médio informado por Jordão e Pessôa (2014), de R\$ 157,34/hab, a partir da análise de custos de implantação em ETEs do estado de São Paulo.

Ainda assim, por diferenças significativas do ponto de vista construtivo entre os dois tipos de tratamentos citados, principalmente por ser o RSB composto de reator único com fases que acontecem em unidades separadas no sistema de lodos ativados, fica comprovada a necessidade de buscar com fornecedores valores de implantação para vazão calculada em projeto, como será visto nos capítulos de Metodologia e Resultados.

2.5.2 Custos com coleta de esgoto sanitário

Como um sistema descentralizado compreende também a coleta de esgoto, é necessário conhecer os valores médios apresentados na literatura para a estimativa de custos do sistema proposto.

Nesse tipo de sistema pode-se considerar o uso de sistema condominial de coleta de esgoto e encaminhamento até as unidades descentralizadas, significando

um custo menor quando se compara com a rede coletora de um sistema convencional centralizado.

Paffrath *et al.* (2014) compararam os dois sistemas de coleta citados, sendo que o condominial teve custo de implantação de aproximadamente 13% menor que o de um convencional, para uma área de estudo com população de final de plano de 8.155 habitantes (para um bairro residencial de Curitiba/PR). Na pesquisa citada, o dimensionamento da rede coletora convencional de esgoto resultou em tubulação com 150 mm de diâmetro. Considerando o custo total apresentado pelos autores para a coleta convencional (R\$ 2.738.334,78) e a extensão total de tubulação projetada (22.736,43 m), calculou-se um valor de R\$ 120,44/m e R\$ 335,80/hab. Para coleta descentralizada, com sistema condominial, o valor seria de R\$ 292,14/hab.

Não serão exemplificados, nesse momento, custos de implantação de interceptores, pois no caso de sistemas descentralizados, o esgoto bruto é encaminhado até as unidades de tratamento através da própria rede coletora.

2.5.3 Custos com secagem e destinação de lodo

O tratamento com lodos ativados é o que mais gera lodo em seu processo, quando comparado a outros tipos de tratamento frequentemente utilizados no Brasil, como os reatores anaeróbios e lagoas (JORDÃO & PESSÔA, 2014). Como o RSB nada mais é que um processo de lodos ativados mais compacto, haverá também um grande volume de lodo a ser retirado, de modo a garantir a eficiência do tratamento.

Esse lodo poderá ter destinações distintas, como: aterro sanitário, incineração e uso agrícola (JORDÃO & PESSÔA, 2014).

Para qualquer uma das destinações, o prévio desaguamento do lodo para redução do volume a ser destinação torna-se essencial a fim de reduzir custos. Esse desaguamento, por sua vez, poderá ser mecânico (centrífugas, prensas desaguadoras tipo parafuso, entre outros) ou naturais (lagoas, leitos, entre outros).

Como há custos variados na literatura para cada tipo de opção mencionada, mais informações sobre valores adotados na composição de custos serão dadas no Capítulo de Metodologia.

2.5.4 Custos de operação e manutenção

No caso de RSB, na Tabela 8 são mostrados os consumos de energia nesse tipo de tratamento, em diversos locais.

Tabela 8 – Consumo energético de RSB.

Autor/Local	KWh/m ³ tratado
LUZ (1998) – Praia Brava/SC	0,67
JUNGLES <i>et al.</i> (2013) – Florianópolis/SC	0,45

Fonte: Elaborado a partir de Luz (1998) e Jungles *et al.* (2013).

Além do gasto com energia, que no caso de sistemas de lodos ativados e variações como o RSB é alto, também deve-se levar em consideração outros custos de operação e manutenção desse tipo de sistema, conforme mostrados na Tabela 9.

Tabela 9 – Custos de manutenção e operação de RSB.

Autor/Local	Característica	Custo anual (R\$)
EPA (1984) apud LUZ (1998) – Praia Brava/SC	Vazão de 379 m ³ /dia 4.000 habitantes	R\$ 58.000,00
JAFARINEJAD (2017) – Tehran, Irã	Vazão de 4.800 m ³ /dia 42.000 habitantes	R\$ 700.000,00

Fonte: Elaborado a partir de Luz (1998) e Jafarinejad (2017).

Da análise dos valores da tabela anterior, a média para operação/manutenção é de R\$ 149,43/m³ tratado por dia. Os valores per capita, conforme populações estudadas em cada pesquisa, foram de R\$ 14,50/hab e R\$ 16,67/hab.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS DO MUNICÍPIO

3.1.1 Área de estudo

O município escolhido para proposta de sistema descentralizado de esgotamento sanitário foi Capitão Leônidas Marques, no estado do Paraná (Figura 4), hoje sem sistema implantado.



Figura 4 – Localização do município.

Fonte: Autoria própria, 2016.

Para qualquer tipo de projeto de sistema de esgotamento sanitário, seja ele descentralizado ou não, faz-se necessário conhecer o local de implantação desse sistema, como características de relevo, solo, climáticas, populacionais, dentre outros, até mesmo para definição da tecnologia que será empregada no tratamento.

• Temperatura: ainda segundo mapa do IAPAR (CAVIGLIONE, 2000), a temperatura média anual no município situa-se entre 21 e 22°C (Figura 6), em conformidade com a classificação climática Cfa da Figura 5.

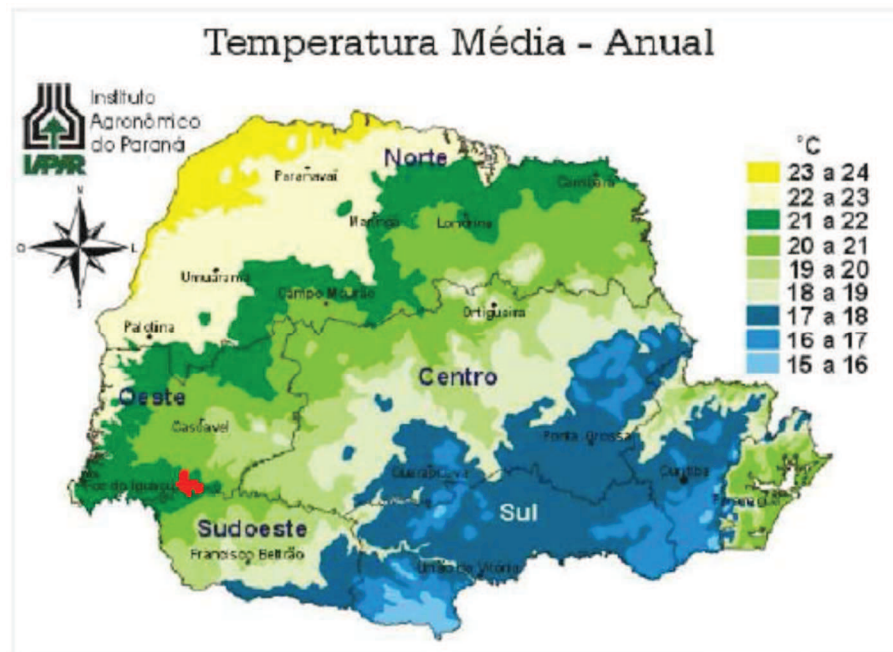


Figura 6 – Temperatura média anual no município de Capitão Leônidas Marques.

Fonte: Elaborado a partir de Caviglione, 2000.

Para temperaturas acima de 20°C, o tratamento anaeróbio é o mais indicado, conforme Jordão & Pessoa (2014). Mas por não ser uma diferença tão expressiva entre as temperaturas, o tratamento aeróbio ainda poderia ser utilizado, sem maiores problemas. Além disso, por estar dentro da faixa mesofílica de temperatura (20 a 40°C), o tratamento biológico (seja ele aeróbio ou anaeróbio) é recomendável por favorecer a ação dos microrganismos na degradação da matéria orgânica (PEREIRA *et al.*, 2009).

Além de informações sobre clima e temperatura, foram verificadas as alturas de precipitação média ao longo de 10 anos para o município, a partir de estação pluviométrica do local, para auxílio na definição da melhor tecnologia de tratamento.

• Precipitação: conforme Águas Paraná (2017), existe uma estação pluviométrica no município, de código 2553024. Na Tabela 10 são apresentados os registros de altura de chuvas, em mm, de 2005 a 2016.

Tabela 10 – Altura de precipitação Capitão Leônidas Marques.

Ano	Total Anual	Ano	Total Anual
2007	1768,2	2012	1712,7
2008	1577,4	2013	2365,5
2009	2377,3	2014	2632,4
2010	1925,2	2015	2336,5
2011	2143,5	2016	1801,2
Média		2064,0	

Fonte: ÁGUASPARANÁ (2017).

Percebe-se a partir dos dados da Tabela 9 que os valores não tiveram grandes variações ao longo dos dez anos citados.

Comparando com as médias anuais de Curitiba/PR, utilizando a estação “Curitiba” (maior do município), no mesmo período citado, conclui-se que o município de Capitão Leônidas Marques é mais chuvoso que a capital paranaense, com média de 1617 mm entre 2007 e 2016 (ÁGUASPARANÁ, 2017).

Assim, sistemas de tratamento que recebem chuva, como as lagoas, poderão ter influências na geração de lodo, na degradação da matéria orgânica, dentre outras, não sendo o tipo mais indicado para esse local.

- **Relevo:** o município está localizado no terceiro planalto paranaense, composto principalmente de rochas ígneas extrusivas, como o basalto, e as cotas altimétricas na região são de aproximadamente 600 m. No Anexo B é possível verificar as curvas de nível e altitudes.

- **IDH:** segundo dados do IBGE, em 2010 o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) foi de 0,716. Esse índice é calculado considerando 3 aspectos: vida longa e saudável (expectativa de vida ao nascer), o acesso ao conhecimento (escolaridade da população adulta e fluxo escolar da população jovem) e padrão de vida (renda *per capita*) (IPARDES, 2016).

Com relação ao IDHM do estado, segundo Atlas Brasil (2010), em 2010 o índice foi de 0,749. Assim, o município de Capitão Leônidas Marques está próximo da média do estado e é considerado alto (entre 0,70 e 0,799) (ATLAS BRASIL, 2010).

3.1.3 Dados sobre o saneamento

Com relação ao abastecimento de água, segundo informações do SNIS, em 2016 o índice de atendimento total era 91,18% e o urbano, 100%. O consumo médio *per capita* segundo mesmo relatório era igual a 118,36 L/hab.dia.

Na Figura 7 consta o perímetro urbano do município, escolhida como área de implantação das unidades descentralizadas de esgotamento sanitário.



Figura 7 – Perímetro Urbano do município de Capitão Leônidas Marques.

Fonte: Elaborado a partir de Sanepar, 2012.

No município existe poço de captação localizado na região norte da cidade, conforme apresentado na Figura 8. Esse poço tem capacidade total de adução de 2.200 m³/dia e o tratamento é feito com simples desinfecção e fluoretação em tanque de contato na mesma área.

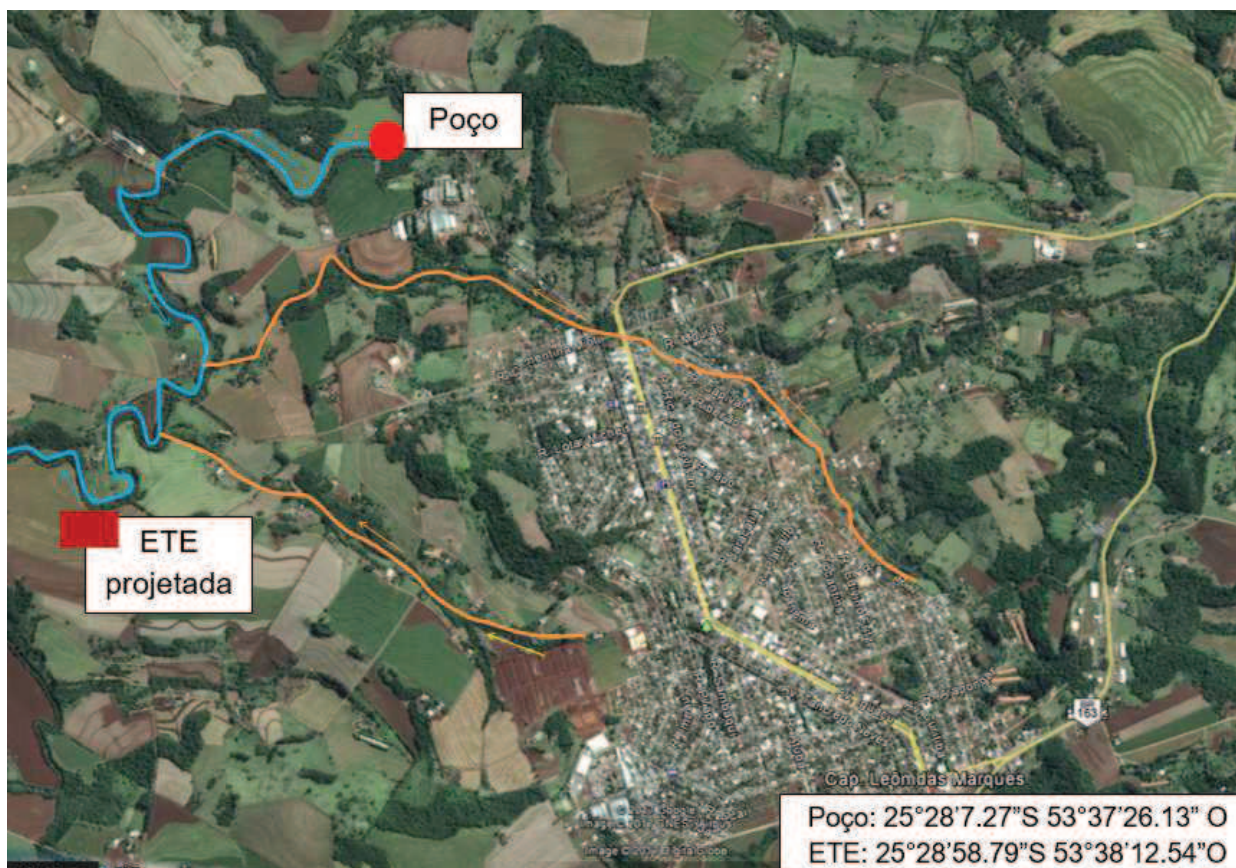


Figura 8 – Localização do poço de captação de água do município de Capitão Leônidas Marques.

Fonte: Elaborado a partir de Sanepar, 2018.

Na Figura 8 foi indicado o local da ETE Projetada (SANEPAR, 2013), do corpo receptor (Rio Monteiro, em azul) e dos principais córregos que cortam o município (em laranja).

Com relação ao esgotamento sanitário, o município atualmente não possui sistema de coleta e tratamento de esgotos. As soluções adotadas individualmente na área urbana e rural do município podem ser vistas na Tabela 11.

Tabela 11 – Tipo de esgotamento sanitário por domicílios em Capitão Leônidas Marques.

Situação do Domicílio	Rede geral de esgoto ou pluvial	Fossa séptica	Fossa rudimentar	Vala	Rio, lago ou mar	Outro tipo	Ausente
Urbano	45	197	3.422	6	-	2	19
Rural	-	13	1.050	-	1	4	12
Total	45	210	4472	6	1	6	31

Fonte: IBGE (2010).

Na maioria dos domicílios, cerca de 94%, é utilizada fossa rudimentar. Considerando apenas a área urbana, 5,4% dos domicílios possuem fossa séptica, com melhor nível de tratamento do que aquelas rudimentares (fossa negra, fossa seca). Na área rural essa solução é adotada por apenas 1,2% das residências.

Da análise isolada dos dados da Tabela 11 fica comprovada a necessidade de adoção de alternativas de tratamento de esgotos para a área, sejam centralizadas ou descentralizadas, visando minimizar impactos ambientais e à saúde pública

3.2 SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

3.2.1 Locais para unidades descentralizadas

Para agrupamento das unidades descentralizadas, seguiu-se a recomendação citada anteriormente, com número máximo de até 100 residências, conforme organização habitacional e topografia da área município (Anexo B).

Seguindo esse critério, foram definidos os locais de cada unidade, sempre no ponto mais baixo de cada área, favorecendo o encaminhamento dos esgotos sanitários por gravidade. Mais detalhes são apresentados em Resultados e Discussões. Vale comentar que foi feita visita no local para confirmar esses locais previamente escolhidos.

3.2.2 Características qualitativas do esgoto

Em virtude de não existirem dados relacionados com as características do esgoto do município de Capitão Leônidas Marques, e também da inviabilidade logística de se realizar essa caracterização específica do local, foram utilizados nesta pesquisa os valores encontrados para o município de Três Barra do Paraná.

Essa decisão foi baseada na similaridade entre os dois municípios, de algumas características consideradas importantes, tais como a população residente (11.824 em 2010 segundo IBGE, 2010), IDHM (0,68 segundo IPARDES, 2017), precipitação (média anual de 1.936 mm dos últimos dez anos, segundo ÁGUASPARANÁ, 2017), clima (mesma classificação climática e temperatura média anual), dentre outras.

Considerou-se essa abordagem mais apropriada do que a utilizada no projeto centralizado realizado pela Sanepar (SANEPAR, 2013), que se baseou em sugestões da literatura (não mencionadas) para parâmetros importantes, tais como DBO, contribuição de nitrogênio e fósforo e relação DQO/DBO, sem menção à fração de sólidos.

Os valores de alguns parâmetros (DQO e DBO) de amostras coletadas entre 2014 e 2017 para Três Barras do Paraná são apresentados no Anexo C. Os valores utilizados nesse estudo constam em Resultados e Discussões.

De acordo com informações da Companhia de Saneamento do Paraná não são feitas análises de sólidos suspensos nos esgotos bruto do município, apenas no efluente tratado para verificação de enquadramento nos padrões de lançamento. Para este parâmetro foi utilizado 60 g/hab.dia conforme Von Sperling (2005), mesma referência utilizada pelos autores do projeto da Sanepar.

3.2.3 Vazão de esgoto

No que diz respeito à caracterização quantitativa dos esgotos gerados no município, as vazões foram obtidas de maneira indireta, uma vez que a ausência de rede coletora dificulta as medições *in loco* de maneira efetiva.

Na estimativa das vazões foram estabelecidas as etapas dos itens seguintes, conforme literatura (JORDÃO & PESSÔA, 2014).

3.2.3.1 Alcance do projeto

Para alcance de projeto foi adotado período de 20 anos, comumente utilizado pelas companhias de saneamento existentes no Brasil, igual a 20 anos (SANEPAR, 2017b), sendo 2035 o ano final (considerando 20 anos a partir de 2015).

3.2.3.2 Previsão da população

Nesse estudo foram considerados apenas dados do IBGE, comparando populações rural e urbana para definição da área em que serão estudadas as alternativas de esgotamento sanitário e para definição da população inicial.

A partir dos dados populacionais do IBGE foi possível estimar a população para os próximos 20 anos, com início em 2015, usando os modelos matemáticos (método aritmético e método geométrico) e modelos de extrapolação gráfica.

- Método Aritmético

Com esse método é possível estimar as populações a partir de um fator de crescimento r , calculado na Equação 1.

$$r = \frac{P_1 - P_0}{t_1 - t_0} \quad (1)$$

Em que:

- P_1 : população final (habitantes);
- P_0 : população inicial (habitantes);
- t_1 : ano final;
- t_0 : ano inicial.

- Método Geométrico

De forma similar, para estimar as populações para os próximos anos, adotou-se um fator q , calculado a partir da Equação 2.

$$q = \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{1}{(t_1 - t_0)}} \quad (2)$$

P_1 , P_0 , t_1 e t_0 correspondem às mesmas variáveis da Equação 1.

- Extrapolação Gráfica

Para esse modelo foram testadas algumas curvas de crescimento a partir das populações dadas pelos censos do IBGE, como polinomial de ordem 2, exponencial, logarítmica e potencial, utilizando a extrapolação do *software* Excel.

Após comparados os gráficos da extrapolação mencionada acima, escolheu-se o que tinha melhor valor de determinação (R^2). Para a escolha do crescimento, foram comparadas as três populações finais encontradas (aritmético, geométrico e extrapolação gráfica com melhor R^2), e adotada a média.

3.2.3.3 Consumo de água *per capita*

Para definição do consumo de água *per capita* foram consultadas informações da Companhia de Saneamento do Paraná, comparativamente a dados do SNIS (2015) e ao valor calculado pela Equação 3.

$$q = \frac{V_{res}}{n \times E \times Tx} \quad (3)$$

Em que:

- V_{res} : volume medido total (m^3);
- n : período entre leituras;
- E : número de economias domiciliares ativas;
- Tx : taxa de ocupação (hab/dom).

3.2.3.4 Coeficientes de variação de vazão

O coeficiente de retorno de esgoto C foi adotado com base em consultas feitas à Sanepar e comumente indicados na literatura (VON SPERLING, 1996; ABNT, 1986b), sendo igual a 80%.

O valor de K_1 (coeficiente de maior consumo diário) foi obtido diretamente do quadro confronto x demanda (QCPD) do município (Anexo D), igual a 1,22.

Para o coeficiente de maior consumo horário (K_2) foi adotado valor conforme indicado pela norma NBR 9.649 (ABNT, 1986b), igual a 1,50.

3.2.3.5 Equacionamento das vazões.

Para cálculo das vazões afluentes média, máxima diária e máxima horária, foram utilizadas as Equações 4, 5 e 6.

$$Q_m = Pop_{Final} . q . C \quad (4)$$

$$Q_{md} = Q_m . K_1 \quad (5)$$

$$Q_{mh} = Q_{md} \cdot K_2 \quad (6)$$

As vazões de infiltração, geralmente consideradas nos sistemas centralizados, não foram consideradas nos cálculos de vazões afluentes às unidades descentralizadas, pois a quantidade significativamente menor de tubulações minimiza o problema. Ainda, conforme NBR 9.649 (ABNT, 1986b), é admitido um valor entre 0,05 a 1,0 L/s por Km de coletor projetado, corroborando a justificativa de que menores extensões de rede coletora minimizam as infiltrações.

3.2.4 Dimensionamento de RSB

Para dimensionamento das unidades com tratamento com RSB foram seguidas diretrizes de Jordão e Pessôa (2014) e Metcalf e Eddy (2003), conforme descritas:

- SSVTA: entre 2000 a 4000 mg/L na fase de aeração;
- Relação A/M (alimento/microrganismos): 0,06 kg DBO/kg SSVTA.dia;
- SV/ST: 0,75;
- Y (coeficiente de produção): 0,70 mg SSV/mg DBO;
- Idade do lodo > 18 dias (ABNT, 2011).
- Profundidade útil (Ht): entre 4,0 e 4,5 m;
- DBO final (Se): conforme padrões de lançamento.

Foi adotado tempo total do ciclo T_c , sendo sugerido pelos autores 12 h (6 h para enchimento, 3 h para aeração, 1 h para sedimentação e 2 h para retirada do efluente). Dessa forma o número de ciclos diários no reator adotado foi de 2.

Para cálculo do volume relativo à fase de enchimento (V_e), foi utilizada a Equação 7.

$$V_e = \frac{Q \cdot T_e}{24h} \quad (7)$$

Em que:

- Q: vazão média afluyente (m³/dia);
- Te: tempo de enchimento (h).

Para cálculo do volume total V_t , Metcalf e Eddy (2003) sugerem adotar o dobro do volume de enchimento V_e .

A área total foi calculada a partir da Equação 8.

$$A = \frac{V_t}{H_t} \quad (8)$$

O volume de lodo sedimentado V_s foi calculado pela diferença entre o volume total V_t e o volume de enchimento V_e . O teor de sólidos (X_u) no lodo foi calculado a partir da Equação 9.

$$X_u = SSVTAx \frac{V_t}{V_s} \quad (9)$$

Ainda com relação ao lodo, a quantidade gerada ΔX e a idade θ_c foram calculadas a partir das Equações 10 e 11.

$$\Delta X = Y(S_0 - S_e).Q \quad (10)$$

$$\theta_c = \frac{SSTA(V_t)}{\Delta X} \quad (11)$$

Deverá ser verificado se a idade do lodo atende ao critério da NBR 12.209.

Com relação à necessidade de aeração, segundo NBR 12.209 (ABNT, 2011), o oxigênio necessário (MO_2), em kg/dia, deverá ser igual ou superior a 1,5 vezes a carga média de DBO_5 ou 2,5 vezes a carga média de DBO_5 , na ausência ou presença de nitrificação, respectivamente. Dessa forma, para cálculo do oxigênio necessário em

cada hora deverá ser dividido o valor de MO_2 calculado conforme a norma citada pelo tempo de aeração diário. Assim, admitindo-se a capacidade de oxigenação dos aeradores como 1,1 kg O_2 /kW.h (JORDÃO & PESSÔA, 2014), calcula-se a potência necessária dividindo-se o oxigênio necessário pela capacidade de oxigenação dos aeradores.

3.2.5 Disposição do efluente tratado

A destinação mais adequada foi avaliada conforme informações da Companhia de Saneamento do Paraná a respeito do corpo receptor adotado no projeto existente, levando em consideração o local do ponto de lançamento e as necessidades de infraestrutura para encaminhamento do efluente de cada unidade descentralizada até o corpo hídrico citado.

No caso de infiltrações no solo, conforme já mencionado anteriormente, não existem padrões de lançamento, apenas critérios de projetos como distância até poço.

Um tipo de infiltração seria com sumidouros. Conforme a NBR 13.969/97, a área útil A_u (m^2) deverá ser suficiente para infiltração do efluente gerado, considerando a taxa de percolação do solo, conforme Equação 12.

$$A_u \geq \frac{qxN}{1000xT_a} \quad (12)$$

Na qual:

- N = população (habitantes);
- q = vazão *per capita* de água (L/hab.dia);
- T_a = taxa máxima de aplicação diária (Tabela 12).

A área útil será a soma da área das paredes e do fundo.

Tabela 12 – Taxa de percolação e taxa de aplicação superficial

Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação diária (m³/m².dia)	Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação diária (m³/m².dia)
40 ou menos	0,2	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,10	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024

Fonte: ABNT (1997).

Conforme Tabela 12, para saber a taxa máxima de aplicação diária é necessário saber a taxa de percolação do solo, ou velocidade de infiltração. Como os valores da tabela variam bastante para a taxa de aplicação, de 0,024 a 0,20 m³/m².dia, não é recomendável que seja utilizado um valor médio.

Por isso, pesquisou-se o tipo de solo predominante do município e a velocidade média de infiltração nesse solo, conforme literatura.

Na Figura 9 é mostrado o mapa da Embrapa com os tipos de solos no município do Paraná.

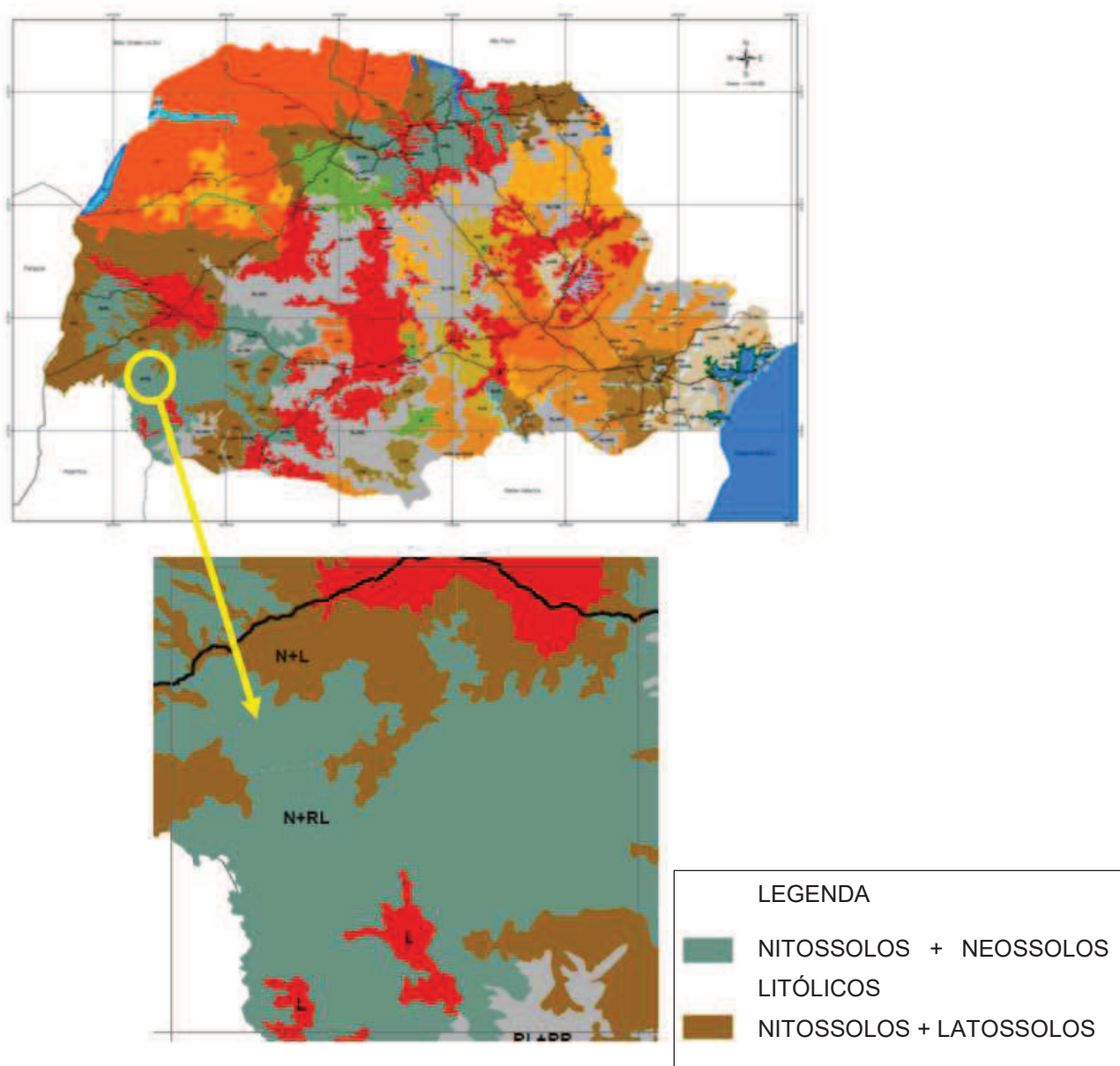


Figura 9 – Tipos de solos no Paraná e localização do município de Capitão Leônidas Marques.
Fonte: Embrapa, 2012.

Conforme descrição de cada tipo de solo do mesmo mapa citado, nos três tipos da região (nitossolos, neossolos litólicos e latossolos) a água infiltra com facilidade.

Ainda, para solo semelhante (nitossolo vermelho da região noroeste do estado), José *et al.* (2013) encontraram como velocidade média de infiltração 31,85 mm/h, compatível com a facilidade de infiltração citada. Assim, para a taxa máxima de aplicação diária nos sumidouros foi utilizado esse valor como taxa de percolação.

3.2.6 Destinação do lodo

O lodo retirado das unidades descentralizadas será conduzido por gravidade até os leitos de secagem, dimensionados a partir da quantidade de sólidos secos gerados (Equação 10) e a densidade do lodo. Metcalf e Eddy (2003) apresentaram alguns valores médios conforme tipo de tratamento (Tabela 13).

Tabela 13 – Densidade do lodo em cada etapa do tratamento.

Tipo de Tratamento	Densidade do lodo (Kg/m ³)	Sólidos Secos (Kg/m ³)
Decantação primária	1020	0,106-0,165
Lodos ativados	1005	0,070-0,094
Filtro biológico	1025	0,060-0,094
Aeração prolongada	1015	0,082-0,118
Lagoa aerada	1010	0,082-0,118

Fonte: METCALF & EDDY (2003)

Como não foi encontrado valor específico para RSB, optou-se por utilizar um valor médio entre densidade de lodo do processo de lodos ativados e de aeração prolongada, sendo igual a 1010 Kg/m³.

A massa de lodo foi calculada a partir da Equação 13.

$$M_L = \Delta X \cdot \%SL \quad (13)$$

Na qual:

- ΔX : sólidos secos gerados (Equação 10);
- $\%SL$: percentual de sólidos do lodo, de 2 a 5% para reator em batelada, conforme Velho (2015).

Para o cálculo da área necessária (A), foi levada em consideração a carga máxima aplicada de 15 kg SST/m².ciclo, conforme determinado na NBR 12.209/2011, sendo que essa carga Cs foi calculada a partir da Equação 14.

$$C_s = \frac{M_L}{A} \quad (14)$$

A área total para um período de limpeza a cada 30 dias foi calculada a partir da Equação 15.

$$A_r = \frac{M_L \times 30 \text{ dias}}{15 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{ciclo}} \quad (15)$$

3.3 ESTIMATIVA DE CUSTOS

3.3.1 RSB

Conforme mencionado, por não ter sido encontrado na literatura valor médio de implantação de RSB a partir de vazão ou volume do reator, foram solicitadas cotações com fornecedores para RSB com vazão média calculada no capítulo de Resultados.

3.3.2 Efluente tratado

Para sistemas tipo tanques sépticos seguidos de valas de infiltração, Von Sperling (1996) propôs valor de R\$ 80,00/hab para implantação. Considerando apenas o tanque séptico, Funasa (2014) cita o valor de R\$ 48,00/hab pra implantação dessas estruturas, adotando-se para sumidouro o valor de R\$ 32,00/hab.

3.3.3 Secagem e destinação de lodo

Para os leitos de secagem optou-se por utilizar o mesmo valor por m² apresentado no orçamento do projeto existente (SANEPAR, 2015), de R\$ 2.452,47/m², para possibilitar comparação entre custos de implantação, um dos objetivos desse estudo.

Para a destinação até aterro sanitário, foi adotado valor de R\$ 150,00/ton, inclusive transporte, em conformidade com valores apresentados por Martins (2015) e Trannin *et al.* (2005).

3.3.4 Rede coletora de esgotos

Para a rede coletora foram considerados os valores calculados a partir da pesquisa de Paffrath *et al.* (2014), de R\$ 292,14/hab para o sistema condominial.

No caso do projeto proposto para o município de Capitão Leônidas Marques/PR, conforme Sanepar (2015), o custo de rede de coleta (sem considerar interceptores) foi orçado em R\$ 14.913.254,47, igual a R\$ 730,79/hab. Analisando os itens que compõem o orçamento da rede do município, diversos motivos podem explicar esse valor significativamente maior que aquele de R\$ 335,80/hab de Paffrath *et al.* (2014) para uma rede convencional. Entre eles: presença de rochas em alguns trechos, maiores profundidades que o do estudo citado, diâmetros maiores em boa parte da rede (200 e 250 mm), presença de trechos em ferro dúctil por necessidade de implantação em profundidades rasas.

Mesmo com as diferenças significativas entre os dois valores per capita citados, optou-se por utilizar também para a rede condominial o valor de Paffrath *et al.* (2014), sem considerar acréscimos, pois esse tipo de coleta não sofreria modificações (como aumento de diâmetros, profundidades e outros), que justificariam os valores maiores de Sanepar (2015).

3.3.5 Operação e manutenção

O gasto energético de um RSB foi estimado em 0,56 kWh/m³ tratado, conforme valores médios apresentados na Revisão de Literatura. Para 2017, o valor da tarifa para serviço público (água, esgoto) na região sul do país é de R\$ 324,95/MWh, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (2017). Como o ano inicial é 2015, e em 2013 essa tarifa era de R\$ 189,36/MWh (GOMES, 2014), considerou-se R\$ 257,16/MWh.

No Estudo Técnico Preliminar (ETP) fornecido pela Sanepar, o valor adotado para operação e manutenção do tratamento com lodos ativados foi de R\$ 20,00/hab.ano. Pela ausência de informações sobre o valor adotado, foram utilizados os dados da Tabela 9 apresentada anteriormente, considerando o valor médio entre os resultados das pesquisas, de R\$ 15,59/hab.ano.

3.3.6 Desapropriação.

Ainda, devem ser considerados custos de desapropriação das áreas que serão utilizadas como unidades descentralizadas.

Conforme Sanepar (2013), o custo estimado para desapropriação foi de R\$ 4,00/m² para a área destinada à estação de tratamento de esgotos no município. Para áreas destinadas às estações elevatórias de esgoto bruto, dentro do perímetro urbano do município, foi estimado em torno de R\$ 6,00/m² de desapropriação (SANEPAR, 2012), sendo esse o valor utilizado também nesse estudo.

3.3.7 Outros custos

Segundo Gomes (2014), para a avaliação econômica de um projeto de saneamento, é possível fazê-la partir do ponto de vista da sociedade, da população, do prestador de serviço, do meio ambiente e do Estado. Esse último é beneficiado, por exemplo, pela postergação de investimentos de ampliação dos sistemas implantados pelo prestador de serviço (companhia de saneamento).

Além dos custos de implantação, manutenção e operação, comuns em um estudo de viabilidade, o autor comenta, também, sobre os custos ambientais, que podem ser, por exemplo, os custos para realocar espécies de plantas e animais presentes em uma área que será destinada para uma estação de tratamento de esgotos, para outra em que possam continuar a perpetuar as espécies.

Esses custos ambientais fazem parte dos custos intangíveis, ou “Custos Associados a Fatores Intangíveis”, juntamente com outros, como aqueles referentes à qualidade (como detecção de falhas pelo cliente), à elaboração de *softwares*, às propagandas e outros relacionados à marca, às pesquisas e ao desenvolvimento (WERNKE *et al.*, 2001).

Esses custos devem fazer parte do estudo de viabilidade de qualquer projeto. Nesse caso, fariam parte, além dos custos ambientais, custos jurídicos quando detectados prejuízos ao cliente por presença de odor, bem inferior ao gerado por outros tipos de tratamento, conforme Jordão & Pessôa (2014), ou por vazamentos na rede, custos com pesquisas de formas de minimizar gastos com energia em um RSB, custos destinados às propagandas com objetivo de informar à população sobre esses novos tipos de sistemas, entre outros.

Pela dificuldade em levantar esses valores, devendo ser feito a partir de histórico da companhia de saneamento para gastos jurídicos, e do planejamento de investimento em pesquisa e propaganda, não serão considerados nesse estudo esses custos mencionados.

3.3.8 Valor presente líquido

Como o sistema foi projetado para 20 anos, com população inicial a de 2015 e a final a estimada para 2035, recomenda-se que sejam calculados os valores presentes (VPL) gastos com operação (inclusive energia elétrica) e manutenção, a partir da Equação 16 (GOMES, 2014).

$$VPL = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (16)$$

Na qual:

- i : taxa de juros (% a.a.)
- n : tempo entre o ano em questão e o inicial (dias).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

4.1.1 Locais para unidades descentralizadas

Os locais propostos para as unidades descentralizadas, dentro da sede do município de Capitão Leônidas Marques, bem como número de lotes de contribuição de cada unidade, estão marcados na Figura 10 e também apresentados no Apêndice A.

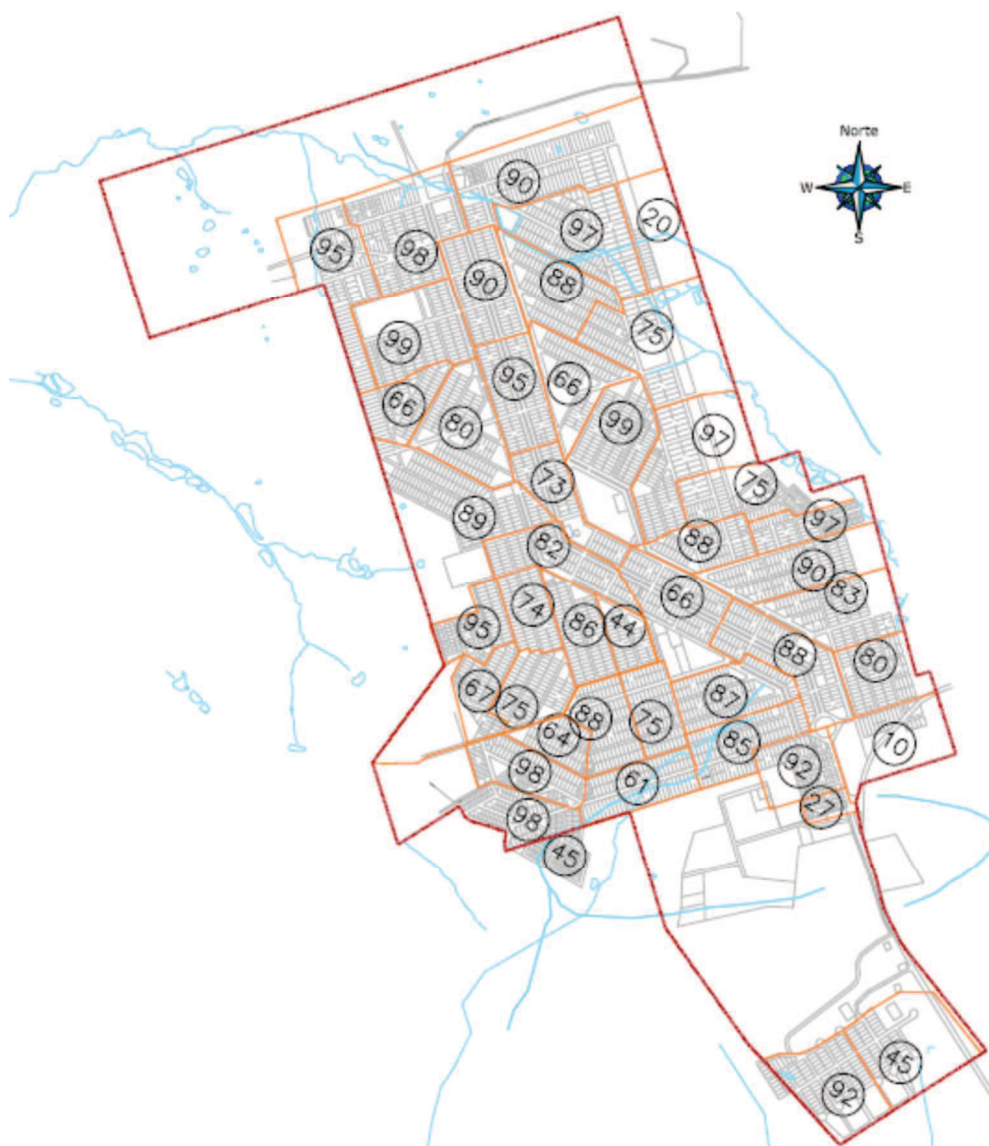


Figura 10 – Divisão de unidades descentralizadas e número de domicílios contribuindo em cada unidade dentro da sede do município de Capitão Leônidas Marques.

Fonte: Autoria própria, 2017.

Conforme mencionado, utilizaram-se 100 residências como limite máximo de contribuição em cada unidade. Considerando 3,27 hab/dom como taxa de ocupação, conforme Quadro Confronto Produção versus Demanda do Anexo D (SANEPAR, 2014), têm-se 327 habitantes contribuindo com esgoto doméstico em cada unidade, bem inferior aos 30.000 citados na Resolução nº 377 do Conama (CONAMA, 2006), mas em conformidade com o que foi determinado pela USEPA (2005).

Destaca-se que a contagem de lotes foi feita com base na ocupação atual. Para projeção futura, considerou-se acréscimo no número de lotes conforme diferença de população inicial e final (da previsão de população).

4.1.2 Características qualitativas do esgoto

Conforme dados do Anexo C, as coletas para determinação de DQO do esgoto bruto do município de Três Barras do Paraná são feitas quase que sempre de forma quinzenal. Para DBO as análises são mensais.

Em se tratando de DQO, ao longo dos três anos analisados (2014 a junho/2017), o mínimo valor encontrado nas amostras foi de 143 mg/L e o máximo 2048 mg/L. Calculando as médias mensais em cada ano e comparando os períodos nos quatro anos, o valor de DQO médio obtido foi de 825 mg/L. Analisando apenas as máximas mensais, o valor médio obtido foi de 866 mg/L.

Para DBO foi comparado também os valores mensais nos quatro anos, analisando valores mínimos, médios e máximos para cada parâmetro. O valor mínimo e máximo das amostras foram, respectivamente, 44 e 606 mg/L e o valor médio do período foi igual a 344 mg/L, com 156 mg/L de desvio padrão.

Para sólidos suspensos totais, como o valor dado na literatura é de 60 g/hab.dia (VON SPERLING, 2005), e em cada unidade descentralizada o número de habitantes que contribui é diferente, calculou-se um valor médio de contribuição considerando 68 lotes e 224 habitantes, resultando em 672 mg/L (para a vazão média de esgotos).

Os valores utilizados nesse estudo são aqueles da Tabela 14.

Tabela 14 – Cargas poluidoras adotadas.

Parâmetro	Valor em mg/L
DQO	866 mg/L
DBO	344 mg/L
SST	672 mg/L

Fonte: Elaborado a partir de Sanepar, 2017a e Von Sperling (2005).

Como a média dos valores médios de DQO nos anos analisados foi próxima da média dos valores máximos do mesmo período, optou-se por utilizar essa média das máximas para esse parâmetro. Para DBO, utilizou-se o valor médio das amostras.

Os valores de DQO e DBO correspondem a um esgoto de médio a forte (VON SPERLING, 2005), com baixa presença de água, podendo significar, algumas vezes, contribuição industrial (JORDÃO & PESSÔA, 2014).

Com esses valores adotados, a relação DQO/DBO ficou igual a 2,52, estando entre uma relação baixa à intermediária, sendo o tratamento biológico indicado (VON SPERLING, 2005).

Conforme Tabela 4 do capítulo anterior, para lançamento em corpo receptor, a DQO e DBO máximas são 225 mg/L e 90 mg/L. Assim, é necessária remoção de 75%, possível com o uso de RSB, conforme percentuais médios apresentados na Tabela 5.

4.1.3 Vazão de esgoto

4.1.3.1 Alcance do projeto

Conforme mencionado no capítulo anterior, adotou-se 20 anos como alcance do projeto.

4.1.3.2 Previsão de população

As populações obtidas no IBGE (2010) são apresentadas da Tabela 15.

Tabela 15 – Populações residentes em Capitão Leônidas Marques.

População	1991	1996	2000	2010
Urbana	5.274	8.330	9.203	10.859
Rural	4.670	5.331	3.823	2.943
Total	9.944	13.661	13.026	13.802

Fonte: IBGE (2010).

Como as populações rural e total tiveram decréscimos nos censos apresentados na Tabela 15, tem-se mais uma justificativa para a utilização de apenas da área urbana do município nesse estudo.

Como população inicial foi adotada aquela calculada para 2015 com base nos censos do IBGE (Tabela 15) e para o crescimento populacional foram estudados alguns métodos.

- Método Aritmético

Para a área urbana do município, foi adotado como t_0 o ano de 1990. Os valores de r encontrados podem ser vistos na Tabela 16.

Tabela 16 – Fator r do método aritmético

Ano	t-t₀	População	r
1991	1	5.274	-
1996	6	8.330	611
2000	10	9.203	218
2010	20	10.859	166

Fonte: Autoria própria, 2016.

O decréscimo da taxa r calculada pode ser explicada por alguns fatores, como redução do número de nascimentos, movimentação das pessoas para outros municípios, dentre outros.

Para a estimativa foi escolhido o valor final de r , sendo igual a 166. Isolando P_1 na Equação 1, calcularam-se as demais populações, ano a ano, até 2035. Os valores encontrados estão na Tabela 17 (e Gráfico 3).

Tabela 17 – Populações até 2035 pelo método aritmético.

Anos	Populações (hab)	Anos	Populações (hab)
2010	10.859	2023	13.012
2011	11.025	2024	13.177
2012	11.190	2025	13.343
2013	11.356	2026	13.509
2014	11.521	2027	13.674
2015	11.687	2028	13.840
2016	11.853	2029	14.005
2017	12.018	2030	14.171
2018	12.184	2031	14.337
2019	12.349	2032	14.502
2020	12.515	2033	14.668
2021	12.681	2034	14.833
2022	12.846	2035	14.999

Fonte: Aatoria própria, 2016.

- Método Geométrico

De forma semelhante ao método aritmético, foi adotado t_0 igual ao ano de 1990. Os valores de q encontrados são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Fator q do método geométrico.

Ano	$t-t_0$	População	q
1991	1	5.274	-
1996	6	8.330	1,0957
2000	10	9.203	1,0252
2010	20	10.859	1,0167

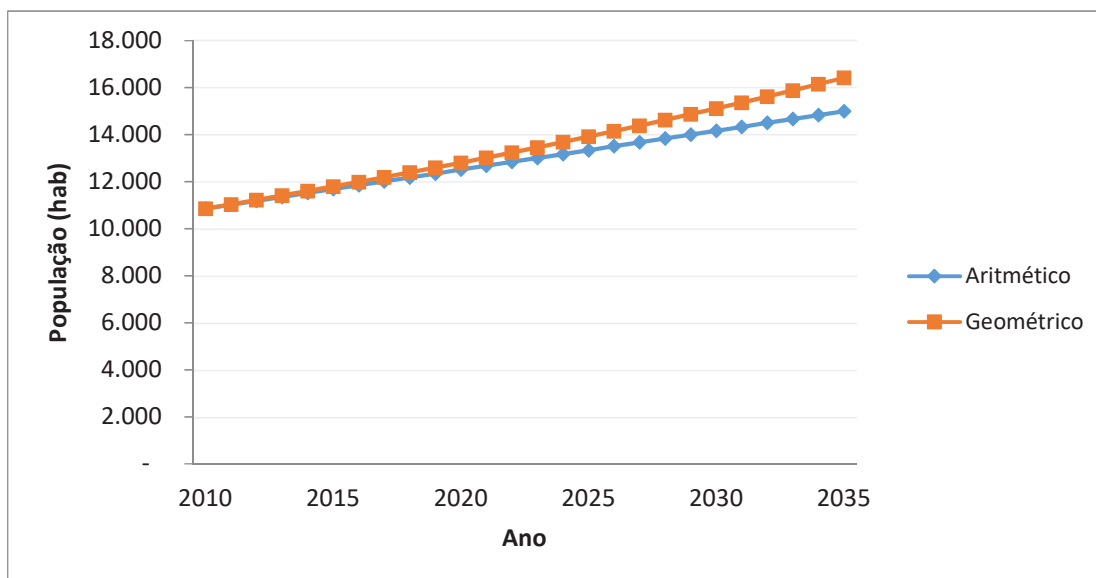
Fonte: Aatoria própria, 2016.

Para a estimativa também foi escolhido o valor final de q , sendo igual a 1,0167. As populações ano a ano, até 2035, foram calculadas a partir da Equação 2 e podem ser vistas na Tabela 19. A curva encontrada também consta no Gráfico 3.

Tabela 19 – Populações até 2035 pelo método geométrico.

Anos	Populações (hab)	Anos	Populações (hab)
2010	10.859	2023	13.465
2011	11.040	2024	13.690
2012	11.224	2025	13.918
2013	11.412	2026	14.150
2014	11.602	2027	14.386
2015	11.796	2028	14.626
2016	11.992	2029	14.870
2017	12.192	2030	15.119
2018	12.396	2031	15.371
2019	12.603	2032	15.627
2020	12.813	2033	15.888
2021	13.027	2034	16.153
2022	13.244	2035	16.423

Fonte: Autoria própria, 2016.

**Gráfico 3 – Curvas aritmética e geométrica.**

Fonte: Autoria própria, 2016.

- Extrapolação Gráfica

Conforme mencionado, foram feitos gráficos utilizando o método de extrapolação para as curvas polinomial de ordem 2, exponencial, logarítmica e potencial. Para os gráficos também foi adotado 1990 como ano inicial.

Os resultados encontrados são aqueles do Gráfico 4.

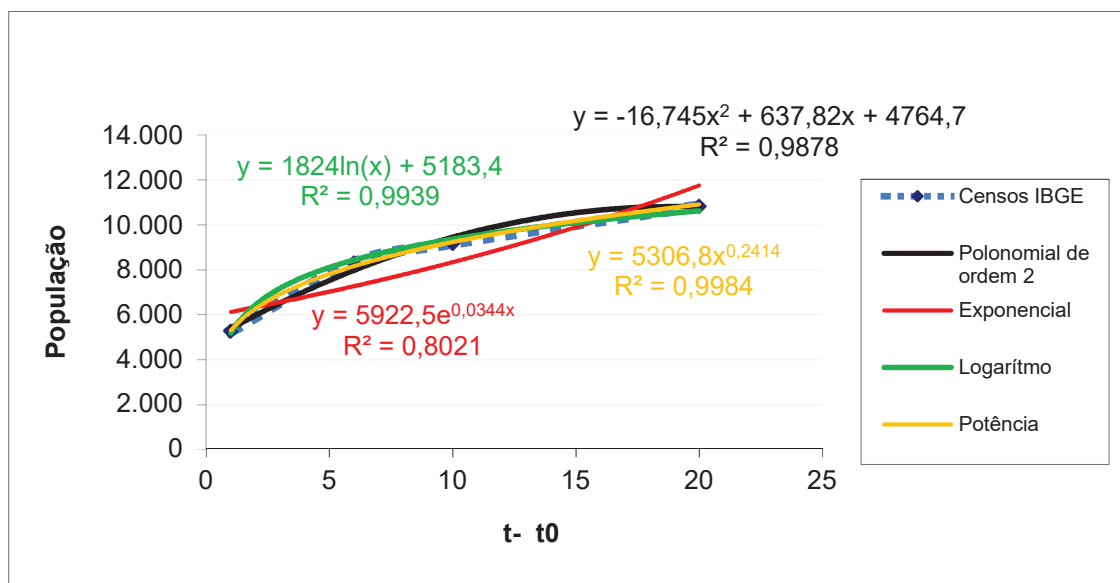


Gráfico 4 – Métodos de extrapolação testados.

Fonte: Autoria própria, 2016.

A partir do Gráfico 4, pode-se ver que aquele com melhor correlação (R^2) corresponde à curva potencial ($R^2 = 0,998$). Utilizando a equação dada no gráfico, estimaram-se as populações para os próximos 20 anos, conforme Tabela 20.

Tabela 20 – Populações até 2035 pelo método potencial.

Anos	Populações (hab)	Anos	Populações (hab)
2010	10.937	2023	12.342
2011	11.067	2024	12.432
2012	11.192	2025	12.519
2013	11.312	2026	12.604
2014	11.429	2027	12.688
2015	11.542	2028	12.770
2016	11.652	2029	12.850
2017	11.759	2030	12.929
2018	11.863	2031	13.006
2019	11.963	2032	13.082
2020	12.062	2033	13.157
2021	12.158	2034	13.230
2022	12.251	2035	13.302

Fonte: Autoria própria, 2016.

Para o ano de 2035 (final de projeto) as populações obtidas pelos métodos aritmético, geométrico e potencial foram, respectivamente: de 14.999, 16.423 e 13.302 habitantes. Para esta estimativa foi considerada a população do método aritmético por ser o valor médio entre os três modelos testados. Embora em 90% dos municípios

com população inferior a 20 mil habitantes o crescimento encontrado seja do tipo geométrico, a escolha do valor médio entre os métodos testados pareceu mais coerente. Por não ser a estimativa populacional um dos objetivos da pesquisa, no caso de serem implantados os reatores conforme proposto, devem ser feitos estudos de crescimento mais amplos e específicos para a área em questão, testando, inclusive, outros modelos de crescimento além desses comentados.

Assim, considerando o método aritmético, a população inicial (2015) é 11.687, e a final (2035) é 14.999.

Conforme mencionado, a população de contribuição de cada unidade foi estimada com base na população inicial adotada e na contagem de lotes. A diferença entre população inicial e final (3.312 habitantes) foi também dividida em unidades para compor projeção de atendimento em 20 anos.

A partir da Figura 9, o número total de unidades descentralizadas é 46, com 3574 domicílios no total. Considerando a taxa de ocupação de 3,27 hab/dom, resulta em 11.687 habitantes, em conformidade com a população inicial adotada. Sendo a diferença entre as populações final e inicial de 3312 habitantes e adotando a mesma taxa de ocupação, ao final estima-se acréscimo de 1013 domicílios. Considerando valor médio de contribuição para uma unidade igual a 68 domicílios, ao final devem ser acrescentadas 15 unidades descentralizadas de tratamento, resultando em 61 (46 + 15).

4.1.3.3 Consumo de água *per capita*

Os valores de volume medido total (Vres), período entre leituras (n), número de econômicas domiciliares ativas (E) e da taxa de ocupação (Tx) para o cálculo do consumo de água *per capita* q são aqueles da Tabela 21, sendo os valores mais recentes utilizados pela Companhia de Saneamento do Paraná.

Tabela 21 – Auxílio para cálculo de *per capita*

Ano	Volume Medido (m ³)	Período entre Leituras	Número de Economias	Taxa de Ocupação (hab/dom)	Per capita (L/hab.dia)
2010	458.614	365	3.578	3,60	97,55
2011	475.804	365	3.646	3,60	99,32
2012	502.984	366	3.744	3,26	112,60
2013	525.475	365	3.793	3,27	116,07
2014	519.252	365	3.898	3,27	111,61

Fonte: SANEPAR, 2014.

Para os demais cálculos foi utilizado o último valor informado pela Sanepar, igual a 111,61 L/hab.dia, um pouco diferente daquele dado pelo SNIS, comentado no item 3.1.3 Dados sobre o saneamento, do capítulo anterior.

4.1.3.4 Coeficientes de variação de vazão

O valor de K_1 adotado foi o do último ano indicado no Quadro Confronto Produção x Demanda (QCPD), igual a 1,22 e o valor de K_2 adotado foi 1,50.

Embora não tenham sido mencionadas as vazões singulares no capítulo anterior, cabem algumas explicações. Verificou-se que setor industrial bastante presente no município é o do beneficiamento da madeira para confecção de móveis, existindo pelo menos quatro grandes madeireiras/serrarias, conforme indicado na Figura 10.



**Figura 11 – Madeireiras e Serrarias em Capitão Leônidas Marques/PR.
Fonte: Google Maps, 2017.**

Comparando a Figura 11 com a Figura 7, não foi necessário considerar as contribuições das indústrias da região por estarem fora do perímetro urbano e objeto de estudo dessa pesquisa.

Além disso, ainda que os esgotos desses locais fossem recebidos por alguma unidade descentralizada de tratamento, seria recomendável tratamento preliminar *in loco*, para enquadramento desse efluente em condições possíveis de tratamento, junto com o esgoto doméstico.

4.1.3.5 Equacionamento das vazões

Conforme Equações 3 e 4, as vazões médias de cada unidade descentralizada (considerando a população inicial do ano de 2015) são as da Tabela 22.

Tabela 22 – Contribuição e vazão em cada unidade descentralizada - 2015.

Nº DOMICÍLIOS	CONTRIBUIÇÃO (hab)	VAZÃO (m³/dia)	Nº DOMICÍLIOS	CONTRIBUIÇÃO (hab)	VAZÃO (m³/dia)
80	262	23,36	90	294	26,28
83	271	24,23	44	144	12,85
88	288	25,69	86	281	25,11
66	216	19,27	75	245	21,90
90	294	26,28	67	219	19,56
97	317	28,32	74	242	21,61
88	288	25,69	95	311	27,74
75	245	21,90	82	268	23,94
97	317	28,32	89	291	25,99
99	324	28,91	27	88	7,88
75	245	21,90	92	301	26,86
66	216	19,27	85	278	24,82
20	65	5,84	87	284	25,40
97	317	28,32	75	245	21,90
88	288	25,69	61	199	17,81
73	239	21,31	88	288	25,69
95	311	27,74	64	209	18,69
80	262	23,36	98	320	28,61
66	216	19,27	98	320	28,61
90	294	26,28	45	147	13,14
99	324	28,91	45	147	13,14
98	320	28,61	92	301	26,86
95	311	27,74	10	33	2,92

Fonte: Autoria própria, 2017.

4.1.4 Dimensionamento do RSB

O dimensionamento para contribuição média de 68 domicílios e 224 habitantes (vazão de 20 m³/dia), resultou em reator com volume de enchimento de 5 m³ e volume total de 10 m³, conforme etapas e equações descritas no capítulo anterior.

Para estas mesmas características médias, a quantidade de lodo gerado (sólidos secos) foi de 3,56 kg/dia e 0,178 kg/m³.

Para aeração, calculou-se 17,22 kg de oxigênio por dia e 2,87 kg por hora. Com esses valores, foi possível calcular a potência necessária dos aeradores, sendo de 2,61 kW.

A área média de cada unidade é 300 m². Em virtude disso, buscou-se com fornecedores configurações de RBS e demais etapas de tratamento necessárias conforme espaço disponível.

Demais volumes conforme vazões são mostrados na Tabela 23.

4.1.5 Disposição de efluente tratado

Conforme projeto da Sanepar, foi escolhido o Rio Monteiro como corpo receptor do efluente tratado. Pela distância até as unidades descentralizadas, optou-se pela infiltração em solo através de sumidouro. Esse tipo de disposição não irá interferir no abastecimento de água, pela distância até o poço existente para captação e considerando localizações e cursos dos córregos existentes (ver Figura 9), com desaguamento no rio principal utilizado para abastecimento em ponto à jusante da captação.

Exemplificando o dimensionamento do sumidouro, novamente foi considerada a unidade descentralizada com vazão média de 20 m³/dia. Utilizando como velocidade de infiltração do solo o valor de 31,85 mm/h (JOSÉ *et al.*, 2013), chegou-se a área de 32,71 m², que corresponde à área lateral e de fundo do sumidouro. Tendo formato cilíndrico, sugere-se diâmetro de 3,00 m e profundidade útil de 2,75 m.

Cabe mencionar que este dimensionamento está inserido em uma etapa de planejamento, para elaboração de alternativas e posterior tomada de decisão. Em casos nos quais essa tecnologia será efetivamente executada, é preciso levar em conta no dimensionamento que o fundo do sumidouro deve estar a uma distância igual ou superior a 1,5 m de lençol freático, conforme descrito na NBR 13.969.

Demais áreas conforme vazões estão na Tabela 23.

4.1.6 Secagem e destinação de lodo

Conforme Equação 10, a quantidade de sólidos secos gerados no RSB será de 3,56 kg SST/dia. A massa de lodo, por sua vez, conforme Equação 13, será de 101,71 kg/dia,

considerando 3,5% como percentual de sólidos no lodo, e 20,34 kg/dia, considerando 20% de sólidos (massa a ser removida após secagem).

Para a área de secagem, adotando 1 m², a carga aplicada, conforme Equação 14, é também de 3,56 kg SST/m², inferior ao 15 kg SST/m² estabelecido como valor máximo na NBR 12.209/2011.

Para o tempo de limpeza a cada 30 dias, conforme Equação 15, necessário 7 m² de área total de leitos de secagem.

Demais quantidades de massa de lodo que deverão ser retiradas após a secagem constam na Tabela 23.

Tabela 23 – Dimensionamento do RSB, e sumidouro e da massa de lodo a ser retirada - 2015.

Nº DOMICÍLIOS	CONTRIBUIÇÃO (hab)	VAZÃO (m³/dia)	VOLUME RSB (m³)	ÁREA SUMIDOURO (m²)	MASSA DE LODO RETIRADA (20% SST) (Kg/dia)
80	262	23,36	11,7	38,20	23,76
83	271	24,23	12,1	39,63	24,65
88	288	25,69	12,8	42,02	26,14
66	216	19,27	9,6	31,51	19,60
90	294	26,28	13,1	42,97	26,73
97	317	28,32	14,2	46,31	28,81
88	288	25,69	12,8	42,02	26,14
75	245	21,90	10,9	35,81	22,28
97	317	28,32	14,2	46,31	28,81
99	324	28,91	14,5	47,27	29,40
75	245	21,90	10,9	35,81	22,28
66	216	19,27	9,6	31,51	19,60
20	65	5,84	2,9	9,55	5,94
97	317	28,32	14,2	46,31	28,81
88	288	25,69	12,8	42,02	26,14
73	239	21,31	10,7	34,85	21,68
95	311	27,74	13,9	45,36	28,22
80	262	23,36	11,7	38,20	23,76
66	216	19,27	9,6	31,51	19,60
90	294	26,28	13,1	42,97	26,73
99	324	28,91	14,5	47,27	29,40
98	320	28,61	14,3	46,79	29,11
95	311	27,74	13,9	45,36	28,22
90	294	26,28	13,1	42,97	26,73

Tabela 23 – Dimensionamento do RSB, e sumidouro e da massa de lodo a ser retirada – 2015 (cont.)

Nº DOMICÍLIOS	CONTRIBUIÇÃO (hab)	VAZÃO (m³/dia)	VOLUME RSB (m³)	ÁREA SUMIDOURO (m²)	MASSA DE LODO RETIRADA (20% SST) (Kg/dia)
86	281	25,11	12,6	41,06	25,54
67	219	19,56	9,8	31,99	19,90
74	242	21,61	10,8	35,33	21,98
95	311	27,74	13,9	45,36	28,22
82	268	23,94	12,0	39,15	24,36
89	291	25,99	13,0	42,49	26,43
27	88	7,88	3,9	12,89	8,02
92	301	26,86	13,4	43,93	27,33
85	278	24,82	12,4	40,58	25,25
87	284	25,40	12,7	41,54	25,84
75	245	21,90	10,9	35,81	22,28
61	199	17,81	8,9	29,12	18,12
88	288	25,69	12,8	42,02	26,14
64	209	18,69	9,3	30,56	19,01
98	320	28,61	14,3	46,79	29,11
98	320	28,61	14,3	46,79	29,11
45	147	13,14	6,6	21,49	13,37
45	147	13,14	6,6	21,49	13,37
92	301	26,86	13,4	43,93	27,33
10	33	2,92	1,5	4,77	2,97

Fonte: A autoria própria, 2017.

Na Figura 12 está representado o sistema composto por RSB, elevatória e leito de secagem, fornecido pela empresa consultada para cotação da unidade.

Para esse estudo foi considerado, além das unidades mostradas na figura, o sumidouro como forma de disposição final do efluente tratado no solo.

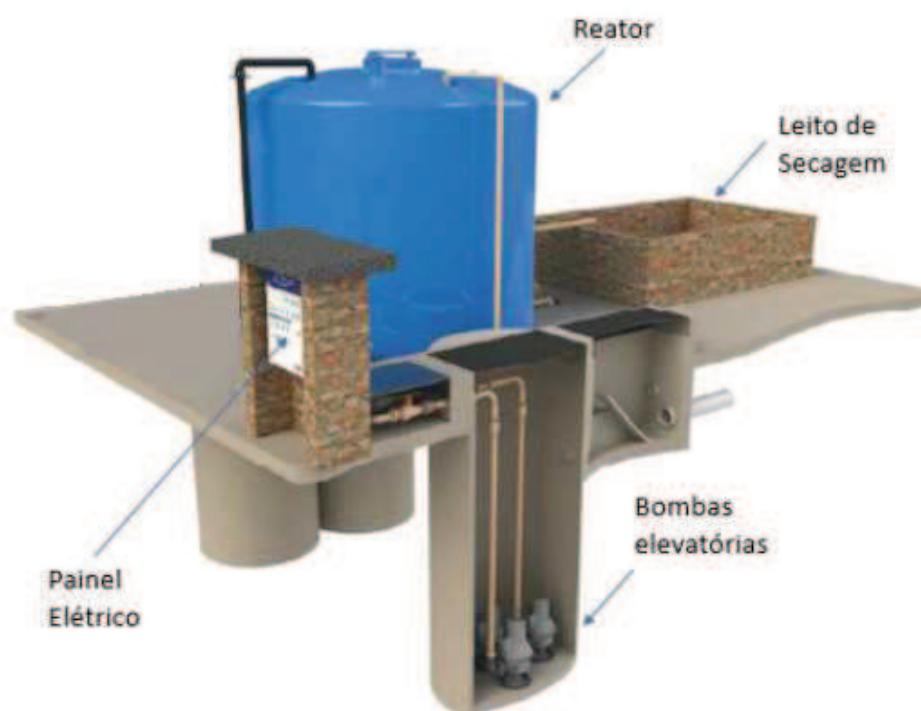


Figura 12 – Desenho ilustrativo da unidade descentralizada com RSB, elevatória e leito de secagem.

Fonte: Hydro Z, 2017.

Embora não tenham dimensões na Figura 12, considerando a vazão média de 20 m³/dia (informada na cotação), o volume do reator será de 20 m³, sendo diâmetro e altura de aproximadamente 3,00 m (área em planta de 7,00 m²), área do leito de secagem de 7 m² e elevatória com área em planta de 7,00 m². Assim, percebe-se que o tratamento composto pelas unidades representadas na ilustração é significativamente compacto, pois mesmo somando a área do sumidouro, a área total resulta em 35 m².

Nas Figuras 13 e 14 é representada a implantação do tratamento em uma unidade descentralizada proposta para o município. Conforme mencionado, o sistema de tratamento é compacto, ocupando apenas uma parcela dos terrenos indicados para cada unidade.

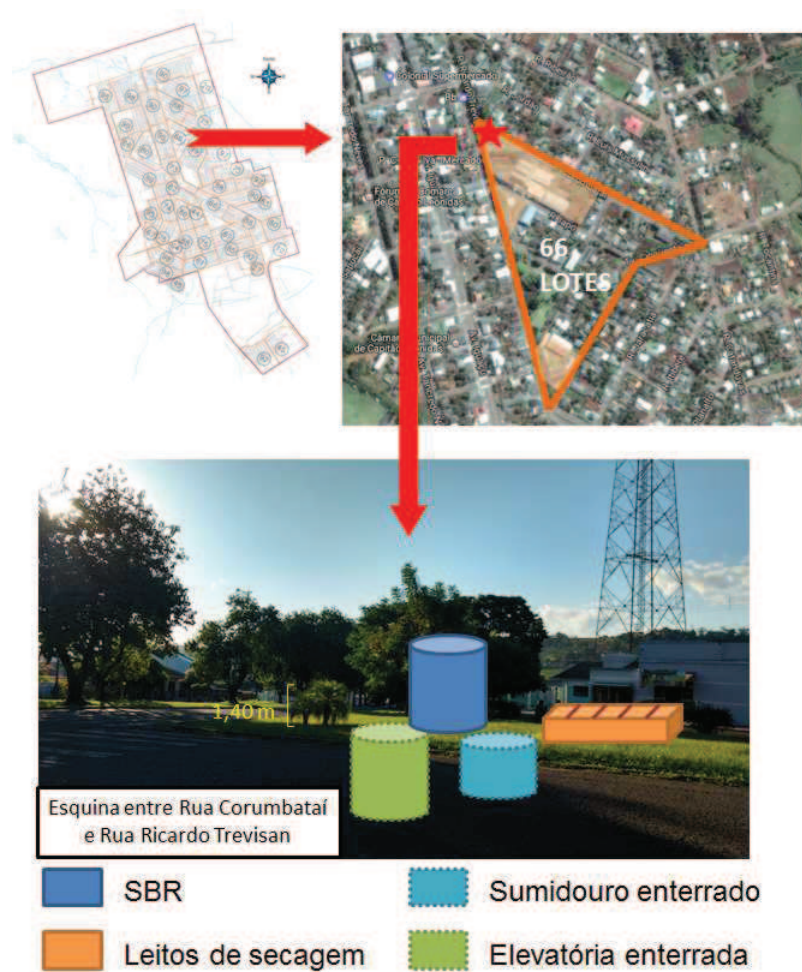


Figura 13 – Esquemático de uma unidade descentralizada de tratamento.
 Fonte: Autoria própria, 2017.



Figura 14 – Esquemático de uma unidade descentralizada de tratamento (em planta).
 Fonte: Autoria própria, 2017.

Na Figura 13 as estruturas enterradas foram representadas tracejadas. Dessa forma, ficam aparentes apenas o RSB e leitos, se necessários. Na planta da Figura 14 é possível verificar a parcela da área destinada para a unidade descentralizada que será efetivamente ocupada com as estruturas.

4.2 ESTIMATIVA DE CUSTOS

4.2.1 RSB

Para implantação de cada RSB utilizou-se o valor R\$ 131.465,00 dado por fornecedor consultado (Apêndice B). Como foi solicitada proposta de preço para uma vazão média das unidades, para cada uma adotou-se esse valor como o de implantação do RSB. Conforme a proposta, estão inclusos nesse valor o gradeamento para remoção de sólidos grosseiros, as bombas e demais equipamentos para a elevatória (para armazenar temporariamente o efluente enquanto o reator já está em ciclo posterior ao enchimento), o reator RSB com tanque, peças hidráulicas, conjunto de aeração (com sopradores e difusores de ar) e itens elétricos. Para as 46 unidades implantadas em 2015, tem-se o valor total de R\$ 6.047.390,00.

Para a obra civil da elevatória, por se tratar de um poço de visita com bomba instalada, foram utilizados custos praticados pela Companhia de Saneamento do Paraná para poços de visita com diâmetros variados. Para DN 1200 mm, por exemplo, o valor é de R\$ 2.121,59 e para DN800 mm, R\$ 902,95. Para PV com diâmetro de 2,00 m, estima-se custo de R\$ 3.024,54 e para diâmetro de 3,00 m, R\$ 3.927,49. Como será necessária capacidade de 20 m³, pode-se adotar como dimensões 3,00 m de diâmetro e 3,00 m de altura, sendo o valor de implantação para as 46 unidades estimado em R\$ 180.664,54.

Considerando o RBS mais a parte civil da elevatória, tem-se R\$ 6.228.054,54 para 2015 e acréscimos anuais até totalizar R\$ 8.258.941,89 em 2035, distribuídos conforme Tabela 24.

4.2.2 Efluente tratado

Considerando R\$ 32,00/hab para implantação de sumidouros, para 2015 o custo seria de R\$ 373.984. Para os demais anos foram considerados os acréscimos de unidades conforme acréscimos de populações, até o ano fim de 2035.

Demais custos de implantação até 2035 constam na Tabela 24.

4.2.3 Secagem e destinação de lodo

Para os leitos, considerando R\$ 2.452,47/m² e tendo sido estimados 5 leitos de secagem de 1,40 m² para cada unidade descentralizada, tem-se 322 m² de leitos de secagem em 2015, resultando em R\$ 789.695,34 como custo de implantação. Demais custos de implantação até 2035 constam na Tabela 24.

Tabela 24 – Custos de implantação em 20 anos

Ano	População	Implantação			
		RSB (R\$)	Sumidouro (R\$)	Leito de Secagem (R\$)	Rede Coletora (R\$)
2015	11.687	6.228.054,54	373.984,00	789.695,34	3.414.240,18
2016	11.853	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2017	12.018	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2018	12.184	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2019	12.349	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2020	12.515	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2021	12.681	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2022	12.846	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2023	13.012	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2024	13.177	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2025	13.343	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2026	13.509	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2027	13.674	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2028	13.840	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2029	14.005	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2030	14.171	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2031	14.337	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2032	14.502	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2033	14.668	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2034	14.833	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38
2035	14.999	101.544,37	5.299,20	12.875,47	48.378,38

Fonte: Autoria própria, 2017.

Admitiram-se custos anuais a partir de 2016 iguais, já que a diferença populacional em cada ano é a mesma (166 habitantes a mais que no ano anterior). Assim, a quantidade de unidades a serem implantadas a partir do ano 2 do projeto será sempre igual.

Considerando apenas o tratamento composto por RSB, infiltração do efluente tratado no solo através de sumidouros e secagem do lodo, o custo de implantação *per capita* estimado é de R\$ 632,47 em 2015.

Para a destinação do lodo até aterro sanitário, adotando valor de R\$ 150,00/ton e considerando 1061,54 kg/dia para as 46 unidades descentralizadas implantadas em 2015 (conforme Tabela 23), o custo anual seria de R\$ 58.119,32.

4.2.4 Rede coletora de esgotos

Considerando o valor de R\$ 292,14/hab para a rede coletora tipo condominial, o custo estimado para implantação da coleta em 2015 foi de R\$ 3.414.240,18.

Demais custos de implantação até 2035 constam na Tabela 24.

4.2.5 Operação e manutenção

Considerando o valor de 0,56 kWh/m³ tratado como o gasto energético de um RSB, e considerando o somatório de vazões das 46 unidades implantadas em 2015 como 1043,51 m³/dia, gasta-se diariamente 584,37 kWh no tratamento dos esgotos domésticos gerados. Em um ano, esse valor é de 213,29 MWh. Adotando como tarifa o valor de R\$ 257,16/MWh, em um ano o gasto seria de R\$ 54.850,54.

Com demais gastos com operação e manutenção, considerando R\$ 15,59/hab.ano, tem-se R\$ 182.200,33 em 2015.

4.2.6 Desapropriação

Conforme mencionado, a área média disponível para cada unidade descentralizada de tratamento é de aproximadamente 300 m². No entanto, conforme dimensionamento, para o pior caso (com contribuição de 99 domicílios), o volume do RSB é 14,50 m³, tendo área aproximada de 5 m² (3 m de altura); a área ocupada pela elevatória é de 7 m², a área de sumidouro é 47,27 m² e a área dos leitos de secagem 7 m², totalizando 66,27 m². Considerando acessos e quadros elétricos, é possível estimar uma área de 100 m². Essa estimativa foi feita considerando práticas comuns de adoção de áreas para desapropriar no caso de estudos de viabilidade elaborados a partir de estudos técnicos preliminares na Sanepar, quando não se tem ainda todas as unidades dimensionadas.

Com R\$ 6,00/m² desapropriado, tem-se R\$ 600,00 por unidade e R\$ 27.600,00 para as 46 unidades implantadas em 2015.

4.2.7 Valor presente líquido

Os valores de implantação (RSB, sumidouro e leitos de secagem), destinação de lodo, energia elétrica, outros de operação e manutenção e de desapropriação para os 20 anos de projeto estão na Tabela 25, tendo sido calculados a partir da Equação 16 para valor presente líquido (com 12% ao ano de taxa de juros).

Tabela 25 – Valores presentes líquidos - custos de implantação e operação em 20 anos.

Ano	Valor Presente Líquido	Implantação (R\$)	Destinação de lodo (R\$)	Energia Elétrica (R\$)	Operação e Manutenção (R\$)	Desaprop. (R\$)
2015	1,000	10.805.974,06	58.119,32	54.850,54	182.200,33	27.600,00
2016	0,893	150.086,98	58.926,55	55.612,38	184.730,96	383,34
2017	0,797	134.006,23	59.647,29	56.292,58	186.990,45	342,27
2018	0,712	119.648,42	60.290,82	56.899,91	189.007,85	305,60
2019	0,636	106.828,95	60.865,39	57.442,17	190.809,10	272,86
2020	0,567	95.382,99	61.378,40	57.926,33	192.417,36	243,62
2021	0,507	85.163,38	61.836,45	58.358,61	193.853,30	217,52
2022	0,452	76.038,74	62.245,42	58.744,58	195.135,40	194,21
2023	0,404	67.891,73	62.610,57	59.089,20	196.280,13	173,41
2024	0,361	60.617,61	62.936,60	59.396,89	197.302,20	154,83
2025	0,322	54.122,87	63.227,70	59.671,61	198.214,77	138,24
2026	0,287	48.323,99	63.487,60	59.916,90	199.029,57	123,43
2027	0,257	43.146,42	63.719,66	60.135,91	199.757,06	110,20
2028	0,229	38.523,59	63.926,86	60.331,46	200.406,61	98,39
2029	0,205	34.396,06	64.111,86	60.506,05	200.986,57	87,85
2030	0,183	30.710,77	64.277,03	60.661,94	201.504,38	78,44
2031	0,163	27.420,33	64.424,51	60.801,12	201.966,72	70,04
2032	0,146	24.482,44	64.556,19	60.925,39	202.379,52	62,53
2033	0,130	21.859,32	64.673,76	61.036,35	202.748,09	55,83
2034	0,116	19.517,25	64.778,73	61.135,42	203.077,17	49,85
2035	0,104	17.426,12	64.872,46	61.223,87	203.371,00	44,51
Soma (R\$)		12.061.568,25	1.314.913,16	1.240.959,22	4.122.168,55	30.806,97
Valor presente do total em 20 anos				R\$ 18.770.416,15		

Fonte: Autoria própria, 2018.

Como os valores de 2015 referem-se a 46 unidades descentralizadas, para compor anualmente os custos de destinação de lodo, energia elétrica, manutenção e operação, considerou-se acréscimo anual de unidades proporcionais ao acréscimo dos custos de implantação da Tabela 24, bem como valores acumulados ano a ano, já que, diferente da implantação (com valor pago uma única vez), devem ser considerados os custos operacionais de cada unidade, anualmente.

4.3 COMPARAÇÃO COM PROJETO PROPOSTO PELA SANEPAR

Com relação aos custos de implantação para 2035, conforme Tabela 24, o custo total do tratamento de esgotos da área urbana do município de Capitão Leônidas Marques/PR, utilizando unidades descentralizadas com RSB, sumidouros e leitos de

secagem, foi estimado em R\$ 9.786.114,58 e R\$ 652,45/hab. Considerando o sistema completo, com coleta utilizando sistema condominial, o custo total de implantação resultou em R\$ 14.167.922,44 e R\$ 944,59/hab.

Conforme Sanepar (2015), o projeto para tratamento de esgotos do município utilizando lodos ativados e leitos de secagem de lodo foi orçado em R\$ 7.880.186,27 para população de 20.407 habitantes (considerando todo o município, não só a área urbana, e com a taxa de crescimento populacional adotada), resultando em R\$ 386,15/hab, 40% menor que o tratamento em unidades descentralizadas.

No entanto, considerando demais unidades componentes do sistema, como coleta e bombeamento, o custo total dado foi R\$ 28.546.794,64, sendo:

- Tratamento: R\$ 7.880.186,27.
- Coleta (rede coletora e interceptores): R\$ 18.875.379,63.
- Bombeamento (elevatórias e linhas de recalque): R\$ 1.791.228,74.

Nesse caso, o custo *per capita* de todo o sistema de esgotamento sanitário do município é de R\$ 1.398,87, quase 50% maior que o custo de sistema descentralizado de esgotamento sanitário (unidade descentralizada de tratamento e coleta).

Na Tabela 26 é apresentado um resumo de valores de implantação em cada opção.

Tabela 26 – Implantação SES Centralizado e SES Descentralizado	
SES Centralizado	Custos <i>per capita</i>
Tratamento (Lodos Ativados)	R\$ 386,15/hab
Estações Elevatórias + Linhas de Recalque	R\$ 87,78/hab
Rede Coletora + Interceptores	R\$ 924,95/hab
Total	R\$ 1.398,87/hab
SES Descentralizado	Custos
Tratamento (RSB)	R\$ 652,45/hab
Rede Coletora	R\$ 292,14/hab
Total	R\$ 944,59/hab

Fonte: Autoria própria, 2018.

Quanto aos custos de manutenção e operação ao longo dos 20 anos, não foi possível a comparação, uma vez que foram apresentados valores apenas no Estudo Técnico Preliminar, considerando estimativas de potências necessárias, entre outros.

Ainda sobre a operação, a questão energética merece destaque. Para um RSB, o consumo energético médio é em torno de 0,56 kWh/m³. Esse valor foi obtido da média de duas pesquisas, uma do ano de 1999 (0,67 kWh/m³) e outra de 2013 (0,45 kWh/m³), coerentes com as datas, já que a tendência é que esses valores reduzam, pois cada vez mais se tem a preocupação com eficiência energética (não só no saneamento, mas em diversas áreas), buscando-se equipamentos mais eficientes.

Para lodos ativados do tipo convencional, valor dado pela *Water Environment Federation* (WEF), em 2002, foi de R\$ 0,47 kWh/m³ de esgoto tratado, menor que o R\$ 0,67 kWh/m³ de um RSB, em 1999.

Em pesquisa mais recente, foram dados alguns valores para a ETE Belém, em Curitiba/PR, que utiliza lodos ativados como tratamento, como valor médio gasto em energia elétrica, em um período de 2007 a 2013 e o volume tratado, chegando-se a R\$ 0,10/m³ (SCHILLING *et al.*, 2014). Considerando RSB (0,56 kWh/m³) e tarifa citada nesse estudo, chega-se a R\$ 0,14/m³, similar ao valor encontrado para lodos ativados convencional.

Isso quer dizer que comparando apenas os tratamentos, os gastos com energia elétrica serão parecidos. Se for feita comparação entre os sistemas de esgotamento sanitário como um todo, deve-se considerar as elevatórias necessárias no sistema, bem como demais componentes da estação de tratamento de esgotos. Nesse caso, mesmo sem valores comparativos, os gastos com energia elétrica em um sistema centralizado em que se têm estações elevatórias em bacias de contribuição, tendem a ser maiores que os gastos de um município atendido com unidades descentralizadas.

Tecnicamente, ambas as alternativas de tratamento apresentam boas eficiências para remoções de poluentes, sendo bastante similares quanto aos resultados esperados.

Vale lembrar que em uma análise econômica considerando ambas as opções de atendimento, devem ser considerados outros custos, como os intangíveis: ambientais, de pesquisas, ligados à imagem do prestador de serviço, jurídicos, entre outros.

Embora não tenham sido considerados nesse estudo esses outros valores citados, cabem algumas considerações:

- **Custos Ambientais:** como os locais definidos para as unidades descentralizadas estão no perímetro urbano do município, correspondendo aos mesmos lotes ocupados residencialmente, é provável que não haja necessidade de realocar espécies animais e vegetais para outro local. No caso de uma ETE centralizada, geralmente em local afastado do perímetro urbano, e ocupando área significativamente maior que a área de cada unidade descentralizada, essa realocação citada tem maior probabilidade de ocorrência.

- **Custos de Pesquisas:** por se tratar de tecnologia ainda pouco utilizada em escala real no Brasil, para implantação de um RSB seriam necessárias pesquisas sobre eficiências, custos, consumos energéticos, entre outros. No caso de lodos ativados, embora na Sanepar ainda não existam muitos sistemas de tratamento com esse tipo de tecnologia empregado, já existem na literatura diversos resultados de eficiências e consumos energéticos, reduzindo a necessidade de pesquisas para esses itens.

- **Custos com Propagandas:** a implantação de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos para atendimento a um município sem coleta e tratamento poderia ser noticiada em veículos de comunicação de forma positiva. Conclui-se, então, que esse tipo de custo é opcional, mas poderia agregar valor à imagem do prestador de serviço.

- **Custos Jurídicos:** comuns quando detectados prejuízos ao cliente devido a vazamentos na rede, por exemplo, no caso de sistema descentralizado seriam menos frequentes, pela menor quantidade de unidades de coleta, quando comparado a um sistema centralizado. No caso de odor, tanto no RSB quanto em lodos ativados, as emissões de gases causadores de mau cheiro são bem inferiores a outros tipos de tratamento, podendo considerar menores custos jurídicos por reclamações dessa natureza, quando comparados a outros sistemas.

5 CONCLUSÕES

O primeiro objetivo específico da pesquisa era avaliar a qualidade do efluente gerado na área estudo, essencial para o dimensionamento do tratamento necessário e adequado. No projeto proposto pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR, 2015) foram adotados valores de literatura para determinados parâmetros (DQO e DBO). Nesse estudo teve-se a preocupação de utilizar valores de parâmetros de esgoto bruto coletado em município similar, utilizando-se da literatura apenas para parâmetros sem análises afluentes, como os sólidos suspensos totais, importante no dimensionamento de lodos ativados e RSB, pelo excesso de lodo gerado.

Os locais para as unidades descentralizadas foram escolhidos com base em imagens aéreas e planta de ocupação dos solos, identificando lotes vazios e o ponto mais baixo para delimitar cada área de contribuição, eliminando, dessa forma, necessidades de estações elevatórias de esgotos.

O dimensionamento de cada unidade que compõe o tratamento foi feito a partir de normas e metodologias da literatura, quando da ausência de documentos oficiais normativos, como no caso do RSB

A composição de custos também considerou valores médios obtidos em pesquisas e dados na literatura. No caso do RSB, optou-se pela orçamentação com fornecedores desse tipo de tecnologia, considerando as dimensões, gastos energéticos e outros.

O tratamento com unidades descentralizadas resultou em custo de aproximadamente R\$ 9,8 milhões (R\$ 652,45/hab), quase 70% mais caro que o tratamento centralizado proposto pela Sanepar. Para o sistema completo, com coleta com sistema condominial, o custo de implantação resultou em aproximadamente R\$ 14,2 milhões (R\$ 944,59/hab), 32% menor que o sistema completo de esgotamento sanitário proposto para o município, com tratamento, coleta e bombeamento.

Isoladamente, atender um município com unidades descentralizadas de tratamento pode parecer mais custoso, quando se compara com uma única estação de tratamento de esgotos, centralizada. No entanto, quando se analisa o sistema como um todo, incluindo coleta e bombeamento de esgotos, nota-se que o sistema

descentralizado (tratamento, coleta, disposição final e destinação de lodo) apresenta custo de implantação significativamente menor que um sistema de esgotamento sanitário completo.

Assim, o objetivo principal de propor alternativa descentralizada para o esgotamento sanitário do município de Capitão Leônidas Marques/PR foi alcançado de forma satisfatória, já que o tipo de tratamento proposto (RSB) é compatível com as necessidades de remoções, com as áreas disponíveis para as unidades descentralizadas e reduziria custos de coleta e bombeamento de esgoto.

Como sugestões de pesquisas:

- Identificação de outros locais ainda sem atendimento com coleta e tratamento de esgoto e estimativa de custo de implantação de unidades descentralizadas para posterior comparação com um sistema centralizado de esgotamento sanitário.
- Análise detalhada de consumo energético de um RSB, a partir de histórico de consumo de unidades instaladas.
- Estudo de alternativas para efluente doméstico tratado, em substituição ao sumidouro considerado nesse estudo.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9.648 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986a, 5p.

_____. NBR 9.649 – Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986b, 7p.

_____. NBR 7.229 – Projeto, construção e operação de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993, 15p.

_____. NBR 13.969 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997, 15p.

_____. NBR 12.209 – Projeto de estações de tratamento de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 2011, 12p.

ÁGUAS PARANÁ, Instituto das Águas do Paraná, Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, **Sistema de Informações Hidrológica** – SIH, alturas de precipitação, 2017.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tarifas médias por classe de consumo e região**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/dados/tarifas>>. Acesso em 12 dez 2017.

ATLAS BRASIL. Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil. **Caracterização do município de Capitão Leônidas Marques e do Estado do Paraná**, 2010.

AZEVEDO NETTO, José M.; ACOSTA ALVAREZ, Guilherme. **Manual de hidráulica**. 6ª ed.; São Paulo: E. Blucher, 1973.

BANDEIRA, Otniel A. **Saneamento básico em Goiânia: uma questão de saúde pública**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Planejamento Territorial) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2017.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Diário Oficial da União**. Casa Civil, Brasília, DF, 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em 22 set 2016.

_____. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Diário Oficial da União**. Casa Civil, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em 22 set 2016.

_____. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. **Diário Oficial da União**. Casa Civil, Brasília, DF, 05 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em 22 set 2016.

BRUDEKI, Nelson.; AISSE, Miguel. Custos Estruturais por habitantes em saneamento básico no estado do Paraná. 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Belo Horizonte, 2007.

CAVIGLIONE, João H.; KIIHL, Laura R. B.; CARAMORI, Paulo H.; OLIVEIRA, Dalziza. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=677>>. Acesso em 21 set. 2016.

CERVI, Lucas L. **Viabilidade econômico-financeira para implantação de sistemas de esgotamento sanitário em pequenos municípios**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2014.

COLARES, Carla J. G.; SANDRI, Delvio. Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 172-185, 2013.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 18 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>. Acesso em 22 set. 2016.

_____. **Resolução nº 377, de 10 de outubro de 2006**. Dispõe sobre licenciamento ambiental simplificado de Sistemas de Esgotamento Sanitário. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=507>>. Acesso em 22 set. 2016.

_____. **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em 03 ago. 2015.

COSTA, Danilo R. V. **Avaliação de custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário em comunidades de pequeno porte.** Trabalho conclusão curso (Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

CYBIS, Luiz F. A.; DOS SANTOS, Altemar V.; GEHLING, Gino R. Eficiência do reator seqüencial em batelada (RSB) na remoção de nitrogênio no tratamento de esgoto doméstico com DQO baixa. **Revista Eng. Sanit. Ambient.**, Joinville, v. 9, n. 3, p. 260-264, 2004.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Mapa simplificado de solos do estado do Paraná.** Curitiba, 2012. 1 mapa. Escala 1:600.000. Disponível em: <http://www.escola.agrarias.ufpr.br/arquivospdf/mapa_solos_pr.pdf>. Acesso em 15 dez 2017.

FERNANDES, Heloísa; JUNGLES, Mariele K.; HOFFMANN, Heike, ANTONIO, Regina V.; COSTA, Rejane H. R. Full-scale sequencing batch reactor (SBR) for domestic wastewater: Performance and diversity of microbial communities. **Elsevier: Bioresource Technology**, v. 132 p. 262-268, 2013.

FUNASA - FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. Departamento de Saneamento. **Manual de Saneamento.** 2ª ed., Brasília: Funasa, 2006.

_____. **Arranjos Tecnológicos para Tratamento de Esgotos Sanitários de Forma Descentralizada.** Brasília: Funasa, 2014.

GOMES, Heber P. **Avaliação Econômica: eficiência energética.** João Pessoa: Editora da UFPB, 2014.

GOOGLE MAPS. **[Imagem aérea do município de Capitão Leônidas Marques/PR, com indicação das madeiras existentes na região].** [2017]. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/search/madeira/@-25.4887577,-53.6260339,14z/data=!3m1!4b1!4m8!2m7!3m6!1smadeira!2sCap.+Le%C3%B4nidas>>

as+Marques,+PR,+85790-000!3s0x94f111795b70c551:0x95dd63deb10215d8!4m2!1d-53.6006032!2d-25.4932041?dcr=0>. Acesso em: 29 dez 2017.

GUO, Yi-Ming; HU, Xin-Jiang; HUANG, Hua-Jun; LIU, Si-Mian; LIU, Yun-Guo; LIU, Yun-Qin; SUN, Hong-Song; XU, Wei-Hua; YE, Jie; ZENG, Guang-Ming. Na integrated treatment of domestic wastewater using sequencing batch biofilm reactor combined with vertical flow constructed wetland and its artificial neural network simulation study. **Elsevier: Ecological Engineering**, v. 64 p. 18-26, 2014.

HYDRO Z. Cotação para unidade descentralizada de tratamento de esgoto doméstico com SBR. 2017.

HOFFMANN, Heike; WOLFF, Delmira B.; PLATZER, Christoph; DA COSTA, Rejane H. R. Propostas para o saneamento descentralizado no Brasil (tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgotos urbanos). **ICTR – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável**. Florianópolis, 2004.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Tabela nº 1394, 2010.

IPARDES – INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Caderno Estatístico do Município de Capitão Leônidas Marques, 2016.

IPARDES - INSTITUTO PARANENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Caderno Estatístico do Município de Três Barras do Paraná, 2017.

JAFARINEJAD, Shahryar. Cost estimation and economical evaluation of three configurations of activated sludge process for a wastewater treatment plant (WWTP) using simulation. **Springer**, v. 7 p. 2513-2521, 2017.

JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

JOSÉ, Jefferson V.; REZENDE, Roberto; MARQUES, Patrícia A. A.; FREITAS, Paulo S. L.; ALVES, Daniel S. Determinação da velocidade de infiltração básica de água em dois solos do noroeste do estado do Paraná. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v. 6 p. 155-170, 2013.

JUNGLES, Mariele K.; FERNANDES, Heloisa; TEZZA, Rafael; PLATZER, Christoph J.; COSTA, Rejane H. R. Consumo energético de reator em bateladas sequenciais (RBS) com lodos ativados para tratamento de esgoto sanitário. **27º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Goiânia, 2013.

KADELIC, Robert H.; WALLACE, Scott D. **Treatment Wetlands**. Boca Raton, New York: Taylor & Francis Group, LLC, 2009.

KALBAR, Pradip P.; KARMAKAR, Subhankar; ASOLEKAR, Shyam R. The influence of expert opinions on the selection of wastewater treatment alternatives: A group decision-making approach. **Elsevier: Journal of Environmental Management**, v. 128 p. 844-851, 2013.

LENS, Piet; ZEEMAN, Grietje; LETTINGA, Gatzke. **Decentralised Sanitation and Reuse. Concepts, Systems and Implementation**. IWA Publishing, UK, 2001.

LIER, Jules B.; LETTINGA, Gatzke. Appropriate Technologies for effective management of industrial and domestic wastewaters: the decentralised approach. **Wat. Sci. Tech**, v. 40, p. 171-183, 1999.

LUZ, Édio L. **Tratamento de esgoto em reatores por bateladas controlados por sistema de telegestão e suporte operacional informatizado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1998.

MARTINS, Lucas E. **Análise da viabilidade da reciclagem agrícola do lodo de esgoto na região da Grande Florianópolis**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A. Decentralized approacher to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. **Elsevier: Journal of Environmental Management**, v. 90, p. 652-659, 2009.

MAVIOSO, Joana F. **Tratamento de águas residuais através de leitos de macrófitas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

MELO, V. O.; AZEVEDO NETTO, J. M. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 1988.

METCALF; EDDY. **Wastewater Engineering: treatment, disposal, reuse**. 4. ed. Boston: McGraw, 2003.

MOURA, Bárbara L. A.; CUNHA, Renata C.; AQUINO, Rosana; MEDINA, Maria G.; MOTA, Eduardo L. A.; MACINKO, James; DOURADO, Inês. Principais causas de internação por condições sensíveis à atenção primária no Brasil: uma análise por faixa etária e região. **Revista Brasileira Saúde Maternidade Infantil**, Recife, 10, S83-S91, 2010.

NHAPI, I. A Framework for the decentralized management of wastewater in Zimbabwe. **Elsevier: Physics and Chemistry for the Earth**, v. 29 p. 1265-1273, 2004.

NUGEM, Rita de C. **Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) em Porto Alegre – RS**. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Saúde Coletiva) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

NUVOLARI, Ariovaldo (coordenador). **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. 1ª ed., São Paulo: Blucher, 2003.

OLIVEIRA, Sílvia M. A. C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos**. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA JR, José L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA.. orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa**. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. Informe Regional sobre a Avaliação 2000 na Região das Américas. **Água potável e saneamento, estado atual e perspectivas**. Washington D. C., 2001.

OSELAME, Murilo C. Simulação e calibração de reator em bateladas sequenciais (RSB) no tratamento de esgoto sanitário em escala real. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

PACE, Clark B.; HARLOW, Randy. SBR VS. Continuous Flow: a cost comparison of waste treatment Technologies. Construction Congress VI, 2000.

PACHECO, Rodrigo P. **Custos para implantação de sistemas de esgotamento sanitário**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

PAFFRATH, Silvia F.; CARVALHO, Karina Q.; MANNICH, Michael; FREIRE, Flavio B. **Utilização do sistema condominial como alternativa de esgotamento: histórico, fundamentos e comparação com um sistema convencional**. XII Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES: Natal, 2014.

PAROLIN, Mauro; CRISPIM, Jefferson Q.; KAICK, Tamara S. V. Tratamento de esgoto por zonas de raízes: análise e eficiência. **Revista GEMOAE – Geografia, Meio Ambiente e Ensino**. V. 03, nº 1, 2012.

PEREIRA, E. L.; CAMPOS, C. M.; MOTERANI, F. Efeitos do pH, acidez, alcalinidade na microbiota de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) tratando efluentes de suinocultura. **Ambi-Agua**, Taubaté, V. 4, n. 2, p. 157-168, 2009.

PHILIPPI, Luiz S. **Saneamento descentralizado: instrumento para o desenvolvimento sustentável**. IX Silubesa – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. ABES, 2000.

PHILLIPI, Luiz S.; SEZERINO, Pablo Heleno. **Aplicação de sistemas tipo *wetlands* no tratamento de águas residuárias: utilização de filtros plantados com macrófitas**. Florianópolis, 2004.

PHILIPPI JUNIOR, Arlindo; MALHEIROS, Tadeu Fabrício. Águas residuárias: Visão de saúde pública e ambiental. In: PHILIPPI JUNIOR, Arlindo (Ed.). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri: Manole, 2005.

SALATI, E.; SALATI, Eneida; SALATI JR, E. Wetland projects developed in Brazil. **Water Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 19-25, 1999. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273122399004163>>. Acesso em 04 ago. 2015.

SANEPAR. Projeto de engenharia para implantação de sistema de esgotamento sanitário de Capitão Leônidas Marques. Relatório III – Alternativas de Escoamento. 2012.

SANEPAR. Estudo técnico preliminar do município de Capitão Leônidas Marques. 2013.

SANEPAR. Quadro confronto produção versus demanda de Capitão Leônidas Marques. 2014.

SANEPAR. Projeto de implantação do sistema de esgotamento sanitário de Capitão Leônidas Marques. 2015.

SANEPAR. Amostras de esgoto bruto de Três Barras do Paraná obtidas através de software. 2017a.

SANEPAR. Prescrições para elaboração de projetos de sistemas de esgotamento sanitário. Projeto de Engenharia. 2017b.

SANEPAR. Localização de poço no município de Capitão Leônidas Marques. 2018.

SANTOS, Andressa M. Tratamento descentralizado de esgotos domésticos em sistemas anaeróbios com posterior disposição do efluente no solo. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2013.

SEMA. **Resolução nº 021 de 2009**. Dispões sobre licenciamento ambiental, estabelece condições e padrões ambientais e dá outras providências, para empreendimentos de saneamento. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf>. Acesso em 03 ago. 2015.

SCHILLING, Gláucia E. M.; CARDOSO, Valmir L.; JAYME, Renata S. Estudo comparativo entre os sistemas aeróbio e anaeróbio no tratamento de esgoto das ETES Belém e Padilha Sul no município de Curitiba-PR. Revista eletrônica multidisciplinar FACEAR. v. 2, n. 3, 2014.

SEZERINO, Pablo H.; PHILIPPI, Luiz S. Tratamento de esgotos utilizando o potencial solo-planta. **Anais do Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**, **26** (AIDIS 98), Lima, 1998. Disponível em:

<<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/aresidua/peru/bratar098.pdf>>. Acesso em 23 jun. 2017.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2018.

SOBRINHO, Pedro A.; TSUTIYA, Milton T. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 2ª Ed.; São Paulo: USP, 2000.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª ed., Belo Horizonte: UFMG, 1996.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3ª ed., Belo Horizonte: UFMG, 2005.

TCHOBANOGLOUS, G.; CRITES, R. W. Small and decentralized wastewater management systems. Mc Graw-Hill, Boston. 1998.

TRANNIN, Isabel C. B.; MOREIRA, Fátima M. S.; SIQUEIRA, José O. Avaliação agrônômica de um biossólido industrial para a cultura do milho. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 40, n. 3, p. 261-269, 2015.

TRATA BRASIL. Análise dos impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um esgotamento inadequado dos 100 maiores municípios brasileiros no período de 2008-2011. Relatório final. 2013.

USEPA. **Design Manual: On Site Wastewater Treatment and Disposal Systems**. EPA 625/1-80-012. Environmental Protection Agency. Office of Water Office of Research and Development. Cincinnati, OH. 1980. Disponível em <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-06/documents/septic_1980_osdm_all.pdf>. Acesso em 22 mar. 2017.

VALENTIM, Marcelos A. A. **Uso de leitos cultivados no tratamento de efluente de tanque séptico modificado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 1999.

VELHO, Viviane F. Estudo da minimização da produção de lodo em sistemas de lodos ativados para esgotos sanitários. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

WANG, Sheng. Values of decentralized systems that avoid investments in idle capacity within the wastewater sector: a theoretical justification. **Elsevier: Journal of Environmental Management**, v. 136 p. 68-75, 2014.

WEBER, Thiago V.; ARTEN, Alexandre R.; KAICK, Tamara S. v.; PIERRI, Naína; TANABE, Aline. Análise dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos e discussão da área de acordo com o fluxo hidráulico de quatro ETES por zona de raízes na Ilha das Peças – Guaraqueçaba/PR. **2º Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos**, Curitiba, v. 1, jun. 2015a. 1 CD-ROM.

WEBER, Conrado F.; PRADO, Marcelo R.; KAICK, Tamara S. v. Dimensionamento de wetlands construídos em sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário. **2º Simpósio Brasileiro sobre Wetlands Construídos**, Curitiba, v. 1, jun. 2015b. 1 CD-ROM.

WEF – Water Environment Federation. Activated Sludge, Manual of Practice, n. 9, USA, 2002.

WERNKE, Rodney; BORNIA, Antonio C. Considerações e comentários sobre custos (associados a ativos) intangíveis. **VIII Congresso Brasileiro de Custos**, São Leopoldo, 2001.

WILDERER, P. A.; SCHREFF, D. Decentralized and centralized wastewater management: a challenge for technology developers. **Water Science & Technology**, v.41, n.1, 2000.

WILDERER, P. A. Decentralized versus centralized wastewater management. In: Decentralised Sanitation and Reuse – Concepts, systems and implementation. IWA Publishing, Integrated Envir. Techn. Series, London, UK, pp. 39-54. 2001a

WILDERER, P.A. Sequencing Batch Reactor Technology. IWA Publishing, London, Water Science and Technology. Report N. 10. 2001b.

ANEXO A – Quadro de amostras de custos de estações de tratamento de esgotos (PACHECO, 2011).

N.	LOCAL	PROCESSO	Prestadora	VALOR (R\$)	VAZÃO (L/s)	POP	DATA BASE	FONTE
1	Açailândia MA	Lagoas de estabilização anaeróbias, facultativas secundárias e lagoas de maturação	Caema	1.923.631,75	72,84	82.697	fev/01	Cobrape
2	Colatina ES	Reatores Anaeróbios	Sanear	10.600.828,06	204,57	110.133	jan/11	Cobrape
3	Ibaiti PR	Reator UASB seguido de Filtro Biológico Aeróbio	Sanepar	1.538.657,67	45,97	26.374	jul/05	Cobrape
4	Mirassolândia SP	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	1.259.227,48	2,50	1.367	jan/10	Cobrape
5	Olímpia SP	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	13.680.653,48	112,73	60.869	jan/10	Cobrape
6	Pitangueiras SP	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	11.539.402,08	76,13	45.572	jan/10	Cobrape
7	Santa Adélia SP	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	1.520.978,55	3,06	1.702	jan/10	Cobrape
8	Serrana SP	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	13.460.909,05	100,26	56.541	jan/10	Cobrape
9	São Paulo SP - ETE Perus	Reatores anaeróbios + LA + Decantadores secundário	Sabesp	51.593.868,27	557,69	331.214	abr/10	Cobrape
10	São Miguel do Iguçu PR	RALF + Filtro Biológico + Decantadores	Sanepar	458.024,03	31,05	17.012	jun/99	Cobrape
11	Itaipulândia PR	RALF + Lagoa Facultativa	Sanepar	308.413,69	7,02	3.692	mar/99	Cobrape
12	Pato Branco PR - ETE São	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	126.068,44	2,44	1.509	jan/98	Cobrape
13	Ponta Grossa PR - ETE Cará-	RALF + Filtro Biológico	Sanepar	982.499,79	49,99	35.990	mar/99	Cobrape
14	Ponta Grossa PR - ETE	RALF + Lagoa Facultativa Secundária	Sanepar	1.358.152,28	46,06	33.161	mar/99	Cobrape
15	Ponta Grossa PR - ETE Santa Bárbara	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	337.893,85	4,08	2.940	mar/99	Cobrape
16	Ponta Grossa PR - ETE	RALF + Filtro Biológico Convencional	Sanepar	1.262.431,65	37,53	27.024	mar/99	Cobrape
17	Ponta Grossa PR - ETE Santa	RALF + Lagoa Facultativa	Sanepar	730.812,67	8,70	6.265	mar/99	Cobrape
18	Porto Velho RO - ETE Norte	Reatores Anaeróbios e Lodos Ativos de Areaça	Caerd	50.842.010,38	314,29	150.578	mar/09	Hagaplan/Cobrap
19	Porto Velho RO - ETE Sul	Lagoas de Estabilização	Caerd	116.254.989,94	322,00	154.272	mar/09	Hagaplan/Cobrap
20	Santo Antônio do Sudoeste PR	RALF + Lagoa Facultativa	Sanepar	568.750,55	21,34	12.618	mar/99	Cobrape
21	Lavrinhas SP - ETE Sede	Lodos Ativados por Batelada	Sabesp	821.983,74	14,90	8.046,0	jan/00	Cobrape
22	Lavrinhas SP - ETE Jacu	Fossa Séptica + Lodos Ativados por Batelada	Sabesp	493.814,47	2,83	1.528	jan/00	Cobrape
23	Lavrinhas SP - ETE Pinheiros	Fossa Séptica + Lodos Ativados por Batelada	Sabesp	455.392,93	2,43	1.312	jan/00	Cobrape
24	Santa Tereza do Oeste PR -	RALF	Sanepar	1.368.546,78	10,00	7.200	jul/09	Z Lima
25	Santa Tereza do Oeste PR -	RALF + Lagoa de Polimento	Sanepar	2.341.554,62	10,00	7.200	jul/09	Z Lima
26	Arapongas PR - ETE	Reatores UASB + Filtros biológicos + Decantadores	Sanepar	16.341.256,39	160,00	115.200	jul/05	Z Lima
27	Rolândia PR - ETE Bandeirante	Reator UASB + Filtro biológico + Decantador secundários	Sanepar	3.254.891,05	40,00	28.800	jul/05	Z Lima
28	Araucária PR - ETE Cachoeira	Reator UASB + Filtro biológico Aerado + Decantador	Sanepar	5.299.971,29	80,00	57.600	jul/05	Z Lima
29	Arapongas PR - ETE Campinho	Reator UASB + Filtro biológico Aerado + Decantador	Sanepar	6.175.916,23	80,00	57.600	jul/05	Z Lima
30	Ceú Azul PR	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	753.466,76	10,00	7.200	jul/04	Z Lima
31	Antônio Olinto PR - ETE Colaço	RALF + Filtro Anaeróbico	Sanepar	536.215,34	5,00	3.600	jul/04	Z Lima
32	Guarapuava PR - ETE	Reatores UASB + Filtros biológicos + Decantadores	Sanepar	7.108.169,09	160,00	115.200	jul/04	Z Lima

ANEXO A – Quadro de amostras de custos de estações de tratamento de esgotos (PACHECO, 2011).

N.	LOCAL	PROCESSO	Prestadora	VALOR (R\$)	VAZÃO (L/s)	POP	DATA BASE	FONTE
33	Campo Largo PR - ETE Itaqui	Reator UASB + Filtro Percolador + Decantador	Sanepar	5.304.326,56	40,00	28.800	jul/09	Z Lima
34	Toledo PR - ETE Norte	Reator UASB + Filtros Percoladores + Decantadores	Sanepar	4.686.806,32	80,00	57.600	jul/09	Z Lima
35	São José da Boa Vista PR - ETE Pescaria	RALF + Filtro Anaeróbio	Sanepar	844.362,11	5,00	3.600	jul/05	Z Lima
36	Toledo PR - ETE Sul	Reatores UASB + Filtros Aerados + Decantadores	Sanepar	13.599.961,07	160,00	115.200	jul/05	Z Lima
37	Londrina PR - ETE Esperança	Reatores UASB + Filtro biológico + Decantador	Sanepar	8.371.141,95	80,00	57.600	jul/05	Gouvea da Costa
38	Campina Grande do Sul PR	RALF + Filtro Anaeróbio	Sanepar	432.233,56	10,00	7.200	jul/05	Gouvea da Costa
39	Marmeleiro PR	Reator UASB + Filtro Anaeróbio	Sanepar	1.481.659,71	25,00	18.000	jul/05	Gouvea da Costa
40	Porto Feliz SP	Reatores UASB + Filtro biológico + Decantador	SAAE	6.472.763,46	138,75	72.000	ago/06	Gouvea da Costa
41	Juritis	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	1.300.000,00	4,00	2.304	jan/10	Z Lima
42	Nova Cardoso	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	1.300.000,00	5,00	2.880	jan/10	Z Lima
43	S. J. Itaguaçu	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	1.100.000,00	5,20	2.995	jan/10	Z Lima
44	Guarapiranga	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	1.700.000,00	8,00	4.608	jan/10	Z Lima
45	Murutinga do Su	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	2.400.000,00	15,00	8.640	jan/10	Z Lima
46	Borebi	Lagoa Facultativa + Lagoa de Maturação	SAMAE	2.200.000,00	19,00	10.944	jan/10	Z Lima
47	Ibitinga	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	13.000.000,00	140,00	80.640	jan/10	Z Lima
48	Taquaritinga	Reatores anaeróbios + Filtros biológicos aeróbio + Decantadores secundários	SAMAE	12.790.000,00	150,00	86.400	jan/10	Z Lima
49	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Anáeróbias + Facultativas		2.460.000,00	41,67	30.000	nov/01	Nunes et al, 2005
50	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Anáeróbias + Facultativas		7.000.000,00	243,06	175.000	nov/01	Nunes et al, 2005
51	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Facultativas		2.975.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
52	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Facultativas		9.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
53	Custo Médio per capita de ETE	Lagoas Aeradas		8.750.000,00	243,06	175.000	nov/01	Nunes et al, 2005
54	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Filtro Aeróbio		975.000,00	20,83	15.000	nov/01	Nunes et al, 2005
55	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Filtro Aeróbio		2.100.000,00	83,33	60.000	nov/01	Nunes et al, 2005
56	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Filtro Anaeróbio		8.250.000,00	208,33	150.000	nov/01	Nunes et al, 2005
57	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados por Batelada + pós		3.150.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
58	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados por Aeração Prolongada +		1.350.000,00	20,83	15.000	nov/01	Nunes et al, 2005
59	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados por Aeração Prolongada +		21.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
60	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados Convencional + pós		4.200.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
61	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lodos Ativados Convencional + pós		19.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
62	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lagoas de Estabilização		2.500.000,00	34,72	25.000	nov/01	Nunes et al, 2005
63	Custo Médio per capita de ETE	Reator UASB + Lagoas de Estabilização		9.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
64	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Aeração Prolongada		3.150.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
65	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Aeração Prolongada		9.975.000,00	243,06	175.000	nov/01	Nunes et al, 2005
66	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados Convencional		19.400.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005

ANEXO A – Quadro de amostras de custos de estações de tratamento de esgotos (PACHECO, 2011).

N.	LOCAL	PROCESSO	Prestadora	VALOR (R\$)	VAZÃO (L/s)	POP	DATA BASE	FONTE
67	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados Convencional		40.000.000,00	555,56	400.000	nov/01	Nunes et al, 2005
68	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada		3.375.000,00	20,83	15.000	nov/01	Nunes et al, 2005
69	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada		6.825.000,00	48,61	35.000	nov/01	Nunes et al, 2005
70	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada		8.625.000,00	104,17	75.000	nov/01	Nunes et al, 2005
71	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada		21.000.000,00	277,78	200.000	nov/01	Nunes et al, 2005
72	Custo Médio per capita de ETE	Lodos Ativados por Batelada		38.000.000,00	555,56	400.000	nov/01	Nunes et al, 2005
73	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 94902x, L/s)	Lodos Ativados c/ Desnitrificação		13.180.833,33	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
74	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 56818x, L/s)	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa + Lagoa de alta taxa		7.891.388,89	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
75	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 54718x, L/s)	Lagoa aeróbia + lagoa de decantação		7.599.722,22	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
76	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 47965, L/s)	Lagoa facultativa		6.661.805,56	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
77	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 47569x, L/s)	Lagoa aeróbia		6.606.805,56	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
78	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 43605x, L/s)	Lagoa anaeróbia + lagoa facultativa		6.056.250,00	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
79	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 31712x, L/s)	Reator UASB		4.404.444,44	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
80	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 76501x, L/s)	UASB + Biofiltro aerado submerso		10.625.138,89	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
81	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 44596x, L/s)	UASB + Filtro anaeróbio		6.193.888,89	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
82	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 73335x, L/s)	UASB + filtro biológico de alta carga		10.185.416,67	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
83	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 49426x, L/s)	UASB + Lagoa aeróbia		6.864.722,22	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
84	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 45123x, L/s)	UASB + lagoa anaeróbia		6.267.083,33	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
85	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 92885x, L/s)	UASB + lodo ativado		12.900.694,44	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
86	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 79085x, L/s)	Lodo ativado aeração prolongada		10.984.027,78	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
87	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 76167x, L/s)	Lodo ativado batelada		10.578.750,00	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps
88	Curvas Atlas Regiões Metropolitanas (v = 112206x, L/s)	Lodo ativado Convencional		15.584.166,67	138,89	100.000	jul/08	Cobrape/Engecor ps

ANEXO B – Levantamento topográfico da área urbana do município.



CONVENÇÕES

-  LIMITE DE PROJETO (PERIMETRO URBANO)
-  CORPOS D'ÁGUA

CONTRATADA		CONTRATO Nº	
Engenharia e Saneamento		RES.P. TEC.: SILVIA FERNANDA PAFFRATH	
		REG. CREA: P/R 134.965/D	
MUNICÍPIO:			
MUNICÍPIO DE CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES-PR			
PROJETO:			
Área Urbana Levantamento Topográfico			
SISTEMA:			
SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO			
DATA:	MAIO/2017	ESCALA:	1 : 12.500
ARQUIVO:	SES-PBEN-DE-RCE-CLM-001	FRANCHA:	01

ANEXO C - Caracterização de esgoto bruto de Três Barras do Paraná (SANEPAR, 2017).

PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2014					
	01/04/2014	22/04/2014	05/05/2014	15/05/2014	11/06/2014	25/06/2014
DQO (mg/L)	918	635,5	641	806,1	391,6	370,8
Temperatura (°C)	23,7	22	23,5	23	22,5	22
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2014					
	02/07/2014	09/07/2014	04/08/2014	18/08/2014	02/09/2014	09/09/2014
DQO (mg/L)	974,4	534,2	981	2048	942	970
Temperatura (°C)	21,5	20,2	22,4		23,7	23,5
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2014					
	06/10/2014	21/10/2014	03/11/2014	01/12/2014		
DQO (mg/L)	605	810,1	782	1085		
Temperatura (°C)	22		25	27		
Vazão média (L/s)	9,3					
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2015					
	05/01/2015	20/01/2015	04/02/2015	23/02/2015	02/03/2015	18/03/2015
DQO (mg/L)	588	598	724	676	746	905
Temperatura (°C)	23	26,2	21	25	25,9	26
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2015					
	13/04/2015	28/04/2015	04/05/2015	18/05/2015	08/06/2015	22/06/2015
DQO (mg/L)	1235	986	779	980	805	985
Temperatura (°C)	26,2	24,9	23,9	22	22,8	20,4
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2015					
	06/07/2015	20/07/2015	03/08/2015	17/08/2015	08/09/2015	28/09/2015
DQO (mg/L)	963	547	822	825	552	761
Temperatura (°C)	21	20	23,2	22,5	19,6	22,4
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2015					
	07/10/2015	19/10/2015	03/11/2015	18/11/2015	15/12/2015	
DQO (mg/L)	638	941	1556	143	635	
Temperatura (°C)	24,8	25,8	22	19	23,8	
Vazão média (L/s)	8,9					
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2016					
	05/01/2016	18/01/2016	15/02/2016	29/02/2016	08/03/2016	04/04/2016
DQO (mg/L)	479	563	431	533	533	719
Temperatura (°C)	25	26	28	27,7	25	26
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2016					
	12/04/2016	02/05/2016	13/06/2016	20/06/2016	04/07/2016	15/08/2016
DQO (mg/L)	707	870	1104	764	781	547
Temperatura (°C)	25,2	23,2	17,3	20,2	20,4	19,3
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2016					
	22/08/2016	19/09/2016	27/09/2016	18/10/2016	24/10/2016	21/11/2016
DQO (mg/L)	549	853	936	973	1084	868
Temperatura (°C)	19,6	21,1	21,8	23	23,8	23,2
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2016					
	28/11/2016	12/12/2016	19/12/2016			
DQO (mg/L)	881	779	876			
Temperatura (°C)	24,9	26,1	24,6			
Vazão média (L/s)	7,67					
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2017					
	02/01/2017	16/01/2017	06/02/2017	06/03/2017	14/03/2017	04/04/2017
DQO (mg/L)	813	984	446	790	482	854
Temperatura (°C)	25,3	26,1	25,7	23	21,4	24,8
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2017					
	17/04/2017	02/05/2017	23/05/2017	05/06/2017		
DQO (mg/L)	730	899	850	409		
Temperatura (°C)	25,2	23,1	22	21,8		
Vazão média (L/s)	8,2					

ANEXO C - Caracterização de esgoto bruto de Três Barras do Paraná (SANEPAR, 2017).

PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2014					
	22/04/2014	11/06/2014	09/07/2014	04/08/2014	09/09/2014	06/10/2014
DBO (mg/L)	345	145	218	472	121	302
Temperatura (°C)	22	22,5	20,2	22,4	23,5	22
	03/11/2014	01/12/2014				
DBO (mg/L)	399	151				
Temperatura (°C)	25	27				
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2015					
	05/01/2015	23/02/2015	04/05/2015	08/06/2015	06/07/2015	17/08/2015
DBO (mg/L)	250	44	606	459	489	544
Temperatura (°C)	23	25	23,9	22,8	21	22,5
	08/09/2015	19/10/2015	03/11/2015			
DBO (mg/L)	355	586	449			
Temperatura (°C)	19,6	25,8	22			
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2016					
	18/01/2016	15/02/2016	21/03/2016	13/06/2016	04/07/2016	22/08/2016
DBO (mg/L)	242	133	300	450	501	299
Temperatura (°C)	26	28	26,8	17,3	20,4	19,6
	27/09/2016	28/11/2016				
DBO (mg/L)	515	438				
Temperatura (°C)	21,8	24,9				
PARÂMETROS	DATAS DE COLETA DE AMOSTRAS - 2017					
	05/06/2017					
DBO (mg/L)	202					
Temperatura (°C)	21,8					

ANEXO D – Quadro confronto *versus* demanda de Capitão Leônidas Marques/PR (SANEPAR, 2014).



Quadro Confronto Produção x Demanda
Sistema de Abastecimento de Água
Dados Básicos, Estudos de Demanda e Capacidade Real de Produção

ENTRADA DE DADOS

Sistema	Capitão Leônidas Marques
Código Contábil	069
Ano-Base	2.014

Capitão Leônidas Marques		Valores Históricos					Metas / Previsões		
		Dezembro	Dezembro	Dezembro	Dezembro	Dezembro	Dezembro	Dezembro	Dezembro
Código Contábil 069		2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017
nº de dias do ano --->		365	365	366	365	365	365	366	365
01	População Urbana	12.881	13.126	12.217	12.403	12.767			
02	Economias Domiciliares Existentes	3.578	3.646	3.744	3.793	3.898			
03	Taxa de Crescimento Urbano (%aa)		1,90%	-6,92%	1,53%	2,65%	2,20%		
04	Índice de Atendimento (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%		
06	Taxa de Ocupação (hab / economia domiciliar)	3,60	3,60	3,26	3,27	3,27			
07	Economias Domiciliares Abastecidas	3.578	3.646	3.744	3.793	3.898			
08	Economias Totais Abastecidas	3.963	4.047	4.170	4.212	4.345			
10	Ligações Totais Abastecidas	3.633	3.722	3.835	3.862	3.944			
11	Volume Micromedido Anual	458.614	475.804	502.984	505.475	519.252			
14	Previsão de Demandas Atípicas (m ³ /dia)	-	-	-	2.255,00	2.255,00	-	-	-
16	Volume Aduzido Anual	576.165	595.108	634.839	634.839	659.595			
17	Índice de Perdas no Sist. Produtor por Ligação - IPLp - (l/lig.dia)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	Volume Produzido Anual	576.165	595.108	634.839	634.839	659.595			
20	Índice de Perdas no Sist. Distribuidor por Ligação - IPL - (l/lig.dia)	90,16	88,55	93,94	91,77	97,49	100,00	100,00	100,00
24	Valor de K1	1,31	1,35	1,10	1,30	1,22	1,20		
25	Demanda Máxima Diária (m ³ /dia) ---> QD	2.073	2.200	1.906	2.255	2.200			
26	Extensão de Rede de Água	73.957	75.700	76.319	76.355	77.141			
27	Extensão de Rede / Ligações Totais	20,36	20,34	19,90	19,77	19,56	20,00	20,00	20,00
28	Reservatórios: Volume Útil Total ==> VR	950	950	950	950	950	950	950	950
34	Capacidade Real de Tratamento	2.200							
35	Capacidade Real de Recalque	2.200							
34a	Capacidade Real de Adução	2.200							

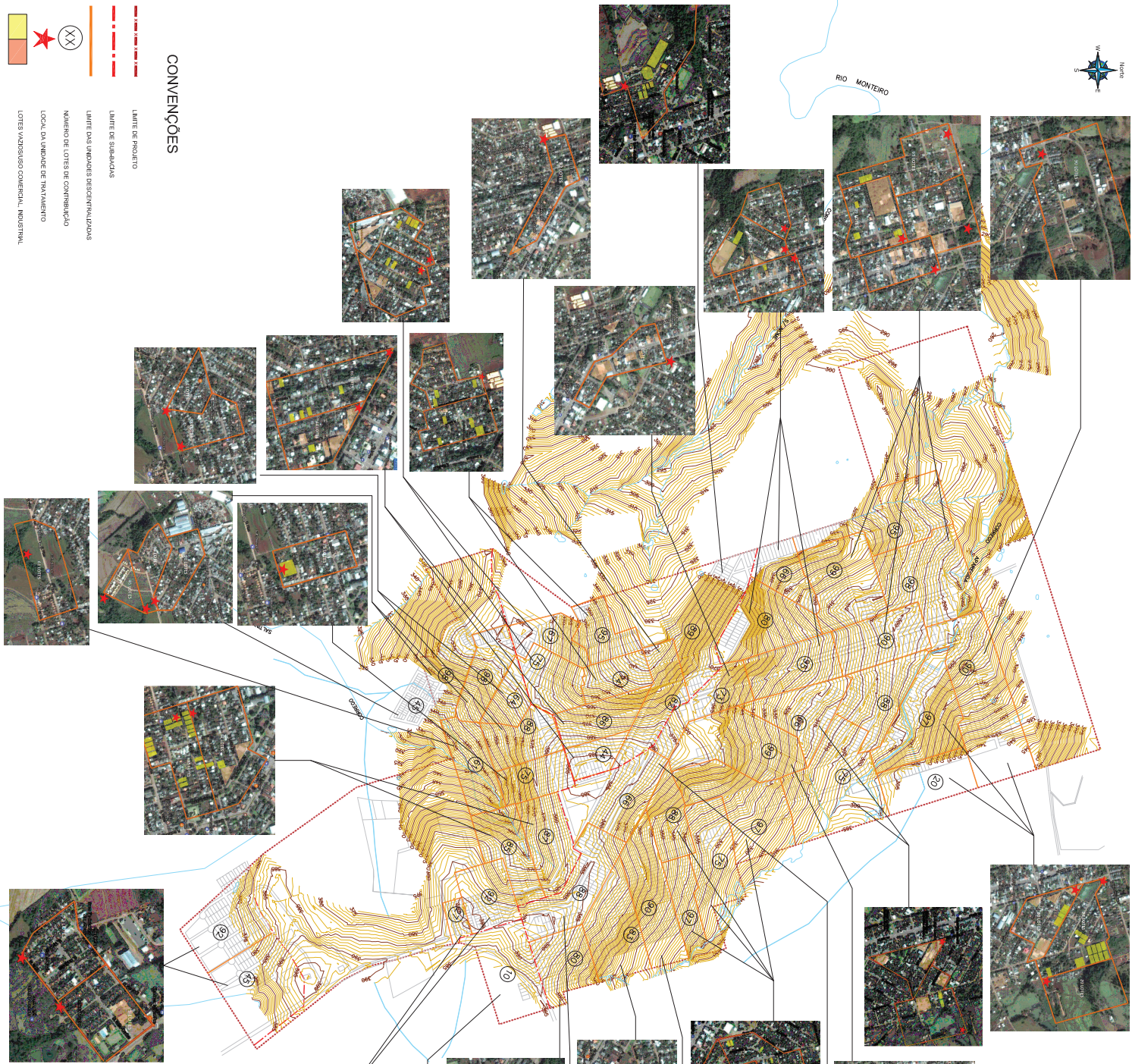
Responsável pelo preenchimento			
Nome	Reni Heerd	Lotação	URCA/GDO
Cargo	Engº Civil	Função	Analista
E-mail	reni@sanepar.com.br	Telefone	(45) 2101-1305

APÊNDICE A – Alternativa de esgotamento sanitário da área urbana de Capitão Leônidas Marques/PR, considerando descentralização de tratamento.



RIO MONTEIRO

- CONVENÇÕES**
- LIMITE DE PROJETO
 - LIMITE DE SUBSIDIÁRIA
 - LIMITE DAS UNIDADES DESCENTRALIZADAS
 - NÚMERO DE LOTES DE CONTRIBUIÇÃO
 - LOCAL DA UNIDADE DE TRATAMENTO
 - LOTES ADEQUADOS COMERCIAL, INDUSTRIAL



COMPANHIA DE		CONTRATORIA Nº	
Engenharia e Saneamento		RESERVA Nº	
MUNICÍPIO DE CAPITÃO LEÔNIDAS MARQUES-PR		SANTA TERESINHA, AVENIDA	
TÍTULO Nº:		PÁVULO Nº:	
17		17	
Área Urbana		SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	
Levanteamento Topográfico		Unidades Descentralizadas para Tratamento de Esgotos	
DATA: MAIO/2017		ESCALA: 1:12.500	
PROJETADE: SES-PR-BEN-DE-RCE-CLM-02		PROJETADE: 02	

APÊNDICE B – Proposta de fornecedor para instalação de RSB (HYDRO Z, 2017).



SOLUÇÕES PARA ÁGUA

Consumo Consciente • Tratamento e Reúso

PROPOSTA TÉCNICA COMERCIAL SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE SANITÁRIO

Solicitante



CLIENTE: SANEPAR
CONTATO: Eng.^a Civil Silvia Paffrath
TELEFONE: (41) 3582-2213
E-MAIL: silviafp@sanepar.com.br

Prezada **Eng^a Sílvia,**

É com imensa satisfação que apresentamos a proposta técnica comercial para fornecimento do Sistema de Tratamento de Efluente Sanitário.

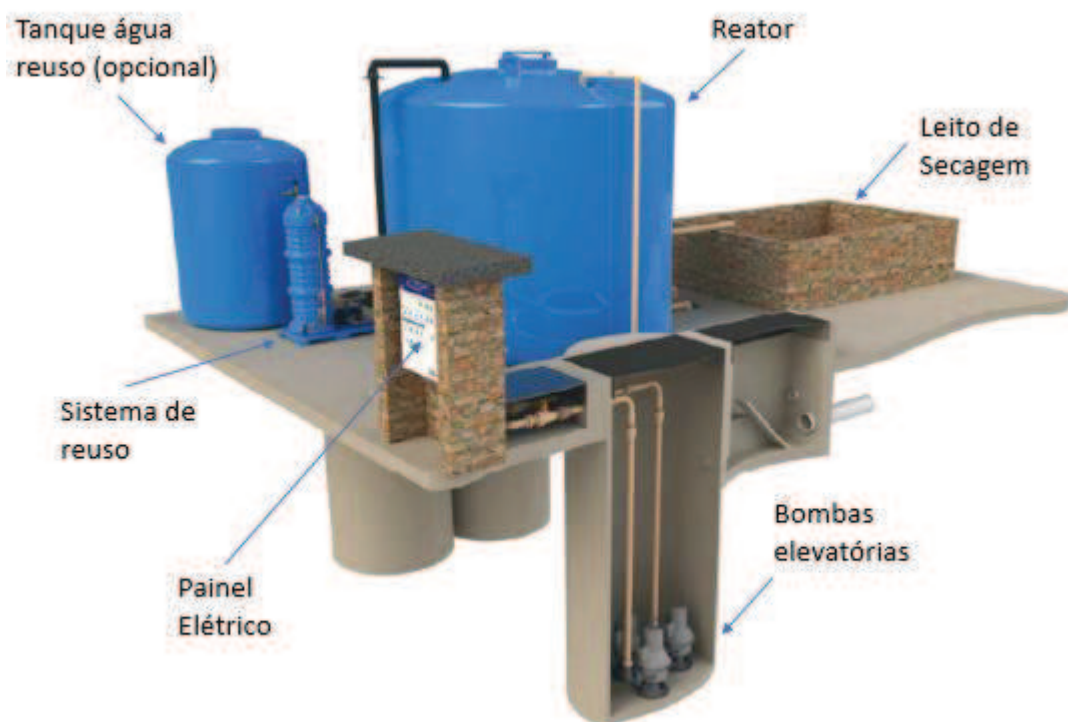
1. OBJETIVO

Fornecer sistema de tratamento de efluente sanitário gerado em comunidades residenciais atendendo a legislação federal e estadual vigentes:

- ✓ Resolução CONAMA 357/2005 e 430/2011;
- ✓ Resolução SEMA 021/2009, Artigo 11º

2. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

O sistema de tratamento indicado é uma estação compacta, com capacidade máxima para tratar até **20.000 litros** de efluente sanitário por dia. O Layout abaixo apresenta as partes integrantes do sistema.



3. TECNOLOGIA DE FUNCIONAMENTO

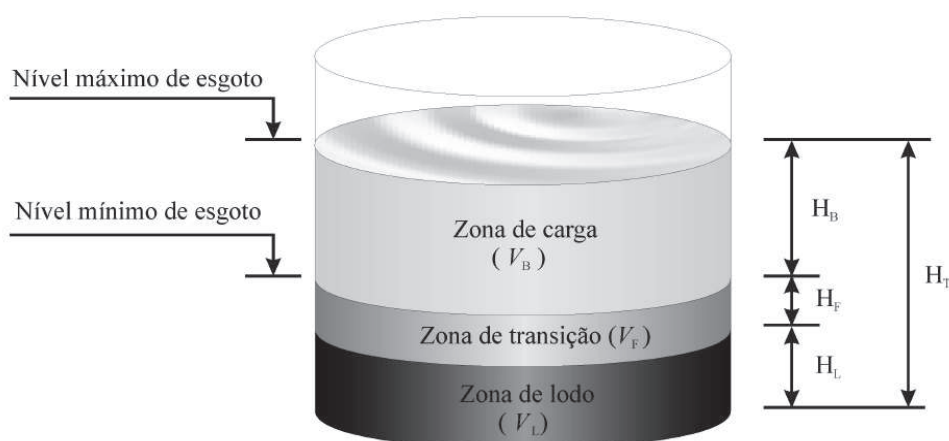


3.1. SISTEMA SBR

O SISTEMA SBR é um reator dentro do qual ocorrem todas as etapas do processo de lodos ativados, incluindo aeração, sedimentação e descarte de lodo, ou seja, todas as fases do tratamento se processam em um único reator

No sistema em batelada (SBR), a massa de lodo ativado é mantida constante no tanque de aeração – decantador final, como ocorre nos sistemas contínuos convencionais. O excesso de lodo é removido de forma semelhante, porém a sedimentação ocorre no próprio reator, não havendo necessidade da recirculação de lodo. O reator sequencial, portanto, funciona, sucessivamente, ora como tanque de aeração, ora como decantador final.

O processo é fundamentado no fornecimento de oxigênio (ar atmosférico ou oxigênio puro), para que os micro-organismos promovam a biodegradação da matéria orgânica dissolvida e em suspensão, transformando-a em gás carbônico, água e flocos biológicos formados por micro-organismos característicos do processo.



HT = altura útil total do reator;
HL = altura da zona de lodo;

HB = altura da zona de carga; HF = altura da zona de transição;
VB = volume da zona de carga VF = volume da zona de transição;

3.2. FUNCIONAMENTO

O Efluente irá passar por um Gradeador onde são removidos sólidos maiores como plásticos, estopa, papel, e demais sólidos grosseiros, e posteriormente é direcionado para uma elevatória onde apenas água e matéria orgânica são temporariamente armazenadas.

Após determinado volume acumulado na elevatória, todo o efluente é direcionado para um tanque de biorreação, onde Sopradores injetam ar comprimido no efluente estimulando a formação de colônias de bactérias que são responsáveis pelo tratamento.

Após determinado período em funcionamento, o sistema paralisa sua operação para que o lodo possa ser direcionado para o fundo do tanque de biorreação, de onde será removido por um caminhão limpa fossa ou leito de secagem, enquanto a água limpa é direcionada para a parte superior, de onde será encaminhada para a rede pública de coleta ou para a Unidade de Reúso, fornecida de forma opcional pela Hydro Z.

Na Unidade de Reúso, a água será direcionada por um sistema de polimento, que conta com Filtro de Areia, para retenção de partículas menores, e um Clorador, responsável por remover germes e bactérias da água antes de disponibilizá-la para reúso. Todo o sistema atua de forma automática através do painel de gerenciamento que comanda o acionamento das bombas e eletroválvulas através do monitoramento dos níveis dos tanques.

A eficiência do processo está relacionada com a relação entre a carga orgânica afluyente e a massa de micro-organismos contida no reator (sólidos em suspensão voláteis).

$$\frac{A}{M} = \frac{Q \left(\frac{m^3}{d} \right) \times DBO \left(\frac{mgO_2}{L} \right)}{SSV \left(\frac{mg}{L} \right) \times Volume \text{ Reator} \left(m^3 \right)} = \frac{kgDBO}{kgSSV \cdot d}$$

- ✓ A = Alimento;
- ✓ M = Microrganismo;
- ✓ Q = Vazão de projeto;
- ✓ DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio, a quantidade de oxigênio utilizada na oxidação bioquímica de matéria orgânica, considerando o teste de DBO em 5 dias;
- ✓ SSV = Sólidos em Suspensão Voláteis, a matéria orgânica ou biomassa

4. PARÂMETROS DE TRATAMENTO

- ✓ pH entre 5,0 (cinco inteiros) e 9,0 (nove inteiros);
- ✓ temperatura inferior a 40°C (quarenta graus Celsius);
- ✓ materiais sedimentáveis até 1,0 ml/l (um mililitro por litro);
- ✓ substâncias solúveis em hexana até 100 mg/l (cem miligramas por litro);
- ✓ DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/l (sessenta miligramas por litro).

8.1. EQUIPAMENTOS E COMPONENTES FORNECIDOS

GRADEAMENTO 01 Conjunto Grade em PRFV

01 Cesto coletor em PRFV e

Cabos para içamento do cesto, em Aço Inox AISI 304

ELEVATÓRIA 02 Bomba de Recalque marca ABS com sensor de nível, 220V/3PH/60Hz;

ESGOTO BRUTO 01 Conjuntos Hidráulicos completo (Tubos, válvulas, conexões, etc) com suportes

REATOR SBR 01 Tanque em Polietileno Rotomoldado, cor preta, instalação aérea, capacidade de 20 m³, diâmetro 3,107 m x 3,007 m de altura, formato cilíndrico, vertical e fundo plano;

01 Conjunto Hidráulico completo (Tubos, válvulas, conexões, etc) com suportes;

01 Conjunto Painel de comando com Armário e CLP;

01 Conjunto de Aeração contento:

02 sopradores 220 V/ 3HP / 60HZ

01 Conjunto Difusores de ar tipo disco de membranas em EPDM.

CONSIDERAÇÃO: *Não foi considerado nesta proposta o sistema de reuso de água para fins não potáveis.*

8.2. OBRA CIVIL

Lista de obras civis necessárias para a implementação do sistema de tratamento, não consideradas no valor desta proposta.

GRADEAMENTO	01 Tanque em Alvenaria 1,4 m ³ , L 0,85m x A 1,30m x C 1,30m
ELEVATÓRIA ESGOTO BRUTO	01 Elevatória comunicante em Alvenaria, capacidade 20 m ³
INFRA PARA REATOR	01 Piso em alvenaria, plano e liso, largura 7 m x comprimento 5 m (35 m ²), com capacidade para suportar carga de até 7.000 kgf/m ²
	01 Parede Coberta Alvenaria, L 0,80m x A 1,80m x C 1,60m
LEITO DE SECAGEM	01 Leito de secagem do lodo ativado em Alvenaria, capacidade de 4,8 m ³ , L 3,0 m x A 0,8 m x C 2,0 m

9. PROPOSTA FINANCEIRA

a) Fornecimento Estação de Tratamento

ITEM	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	VALOR
1	91000403478	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO Vazão máx 20.000 L/dia	R\$ 119.165,00

b) Serviços de Instalação

ITEM	SERVIÇOS	VALOR
2	Instalação Hidráulica e Elétrica	R\$ 12.300,00

10. PREMISSAS

- A validação desta proposta está condicionada ao recebimento de laudo laboratorial com as características físico-químicas do efluente à ser direcionado à ETE da Hydro Z.
- Para validação dos itens ofertados e de suas respectivas configurações técnicas, é necessário o agendamento de visita técnica ao local da instalação prévia ao fornecimento, pois customizações dos equipamentos podem alterar as atuais condições.

11. LISTA DE RESPONSABILIDADES

DA CONTRATADA

- ✓ Desenhos de implantação com plantas, detalhes e cortes para aprovação da licença ambiental.
- ✓ Fluxograma de Processo
- ✓ Desenho civil dos reatores SBR
- ✓ Memorial Descritivo Operacional
- ✓ Lista de Equipamentos e Instrumentos
- ✓ Cronograma de implantação
- ✓ Plano de Inspeção
- ✓ Instalação do Sistema e Start up (**se contratado**)
- ✓ Treinamento Assistido dos Operadores do Sistema
- ✓ Manual de Operação e Manutenção

DA CONTRATANTE

- ✓ Construção civil, base, canaletas, drenos, calhas de inspeção;
- ✓ Tubulações e conexões fora do limite de fornecimento;
- ✓ Recolhimento de taxas e emolumentos a órgãos públicos e
- ✓ Documentos, equipamentos, instrumentos e serviços não especificados nesta proposta
- ✓ Descarregamento e mobilização interna dos equipamentos

12. CONDIÇÕES GERAIS

- ✓ **Validade da Proposta:** 30 dias contados da data de sua emissão, salvo venda prévia;
- ✓ **Frete:** não incluso (FOB);
- ✓ **Prazo de Liberação do Material:** conforme cronograma a ser definido entre as partes e contado a partir da aprovação do cadastro e do recebimento do pedido de compra;
- ✓ **Condições de Pagamento:** 30% antecipado na confirmação do pedido de compra e o saldo (70%) faturado em até cinco parcelas (30/45/60/75/90 dias) após aprovação do crédito;
- ✓ **Linha de crédito HYDRO Z:** em até 12 parcelas com juros de 2,15% a.m. – após análise e aprovação do crédito.
- ✓ **Garantia:** 12 meses da data de instalação ou 18 meses da data de entrega, prevalecendo o evento que primeiro vier a ocorrer.

Atenciosamente,



SOLUÇÕES PARA ÁGUA

Consumo Consciente
Tratamento e Reúso

HYDRO Z é uma empresa do GRUPO ZEPPINI

CESAR RIBEIRO

Vendas



(11) 4393-3617 • 4393-3600



cesar.ribeiro@hydroz.com.br



www.hydroz.com.br