



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

FELIPE DE OLIVEIRA REIS

**PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE  
SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS  
NO MUNICÍPIO DE PORTO VERA CRUZ/RS.**

Porto Alegre

Novembro 2020

**FELIPE DE OLIVEIRA REIS**

**PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SISTEMAS INDIVIDUAIS  
DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NO MUNICÍPIO DE PORTO VERA CRUZ/RS.**

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

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Cristina de Almeida Silva

Porto Alegre

Novembro de 2020

### CIP - Catalogação na Publicação

Reis, Felipe de Oliveira

Proposta de gerenciamento de resíduos de sistemas individuais de tratamento de esgotos no município de Porto Vera Cruz/RS. / Felipe de Oliveira Reis. -- 2020.

83 f.

Orientadora: Maria Cristina de Almeida Silva.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2020.

1. Saneamento Básico. 2. Fossas Sépticas. 3. Tratamento de Resíduos de Fossa. 4. Leito de Secagem. 5. Lagoa Facultativa. I. Silva, Maria Cristina de Almeida, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FELIPE DE OLIVEIRA REIS

**PROPOSTA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE SISTEMAS INDIVIDUAIS  
DE TRATAMENTO DE ESGOTOS NO MUNICÍPIO DE PORTO VERA CRUZ/RS.**

Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul defendido e aprovado em **26/11/2020** pela Comissão avaliadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora:

.....  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Cristina de Almeida Silva –  
Departamento de Obras Hidráulicas

.....  
Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan –  
Departamento de Obras Hidráulicas

.....  
Eng.<sup>a</sup> Civil Alice Borges Maestri -  
Coordenadora Sistema de Apoio ao Saneamento Básico – Funasa/IPH

Conceito:.....

Dedico este trabalho a meus pais, Paulo e Patrícia,  
que sempre me apoiaram e incentivaram meus  
estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a meus pais, em primeiro lugar, por todo amor, incentivo e apoio incondicional durante toda minha vida. Os agradeço também por terem sempre me proporcionado as melhores condições de estudo e por todo suporte durante a graduação.

Agradeço ao Professor Dieter Wartchow (in memoriam), por ter me orientado no início deste trabalho, pela oportunidade de trabalhar com o saneamento e por todos os ensinamentos.

Agradeço a minha orientadora, Professora Maria Cristina, pela disponibilidade, apoio e por todas as orientações e correções, que foram fundamentais para que este trabalho fosse realizado.

Agradeço a minha namorada, Isabel, por todo apoio, paciência e incentivo, fundamentais durante a graduação.

Agradeço a minha família, pelo apoio nos momentos difíceis e por estarem juntos nos momentos alegres. Em especial a minha madrinha Jaqueline, minha prima Maryane e meu padrinho Cláudio (in memoriam), que sempre me apoiaram em tudo.

Agradeço a Prefeitura de Porto Vera Cruz, pelo apoio e pelas informações disponibilizadas.

Agradeço a todos meus professores, desde o ensino fundamental até a graduação, por todos os ensinamentos.

Também, gostaria de agradecer à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela qualidade do ensino proporcionado.

*Só fazemos melhor aquilo que repetidamente insistimos em melhorar. A busca da excelência não deve ser um objetivo, e sim um hábito.*

Aristóteles

## RESUMO

REIS, F. O. **Proposta de gerenciamento de resíduos de sistemas individuais de tratamento de esgotos no município de Porto Vera Cruz/RS**, 2020. 83 p. Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Ambiental - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Este trabalho tem como objetivo propor uma alternativa de gerenciamento de resíduos de sistemas individuais de tratamento de esgotos para o município de Porto Vera Cruz, no Rio Grande do Sul. Os sistemas individuais de esgotamento sanitário, compostos por fossas ou tanques sépticos, são alternativas viáveis em municípios, geralmente de pequeno porte, que não possuem redes coletoras de esgotos e tampouco estações de tratamento de esgotos. Entretanto, para o correto funcionamento destas unidades individuais, faz-se necessário a limpeza sistemática e periódica delas. O resíduo retirado dessas unidades, comumente chamado de lodo, necessita de um gerenciamento adequado, por apresentar a presença de patógenos e ter o potencial de causar impactos negativos ao meio ambiente, se disposto de forma inadequada. Dessa forma, esses resíduos necessitam de uma etapa de desaguamento antes de sua disposição final. Neste trabalho será proposto um sistema de tratamento para os lodos de fossas, baseado em alternativas naturais, sendo composto por leitos de secagem, para a desidratação do lodo, e lagoas facultativas, para tratamento do percolado gerado, objetivando apresentar uma alternativa viável de gerenciamento dos resíduos de fossa no município de Porto Vera Cruz. Assim, com base em dados da literatura, foi dimensionado o sistema de tratamento de resíduos, foram feitas considerações sobre critérios construtivos e operacionais, assim como uma estimativa de custos de implantação, visando avaliar sua viabilidade de implantação pelo município. Com base nos resultados obtidos, o sistema proposto mostrou-se uma alternativa viável a ser implantada em Porto Vera Cruz/RS.

Palavras-chave: Sistemas Individuais de Esgotamento Sanitário. Fossas Sépticas. Lodo de Fossa. Tratamento de Resíduos de Fossa. Leitos de Secagem. Lagoas Facultativas.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Características dos resíduos de fossa no Brasil. ....	22
Tabela 3-2 - Características de eficiência de lagoas facultativas .....	34
Tabela 4-1 - Parâmetros adotados para o dimensionamento .....	47
Tabela 5-1 - Dimensionamento do tanque séptico .....	57
Tabela 5-2 - Volume de Lodo por unidade de fossa séptica .....	57
Tabela 5-3 - Dimensionamento da área superficial do leito de secagem .....	58
Tabela 5-4 - Valores de eficiência do leito de secagem .....	59
Tabela 5-5 - Saídas do leito de secagem .....	59
Tabela 5-6 - Estimativa de geração de resíduos .....	59
Tabela 5-7 - Corrente de entrada da lagoa facultativa .....	60
Tabela 5-8 - Dimensionamento da lagoa facultativa .....	60
Tabela 5-9 - Estimativas de eficiência da lagoa facultativa .....	61
Tabela 5-10 - Corrente de saída da lagoa facultativa.....	61
Tabela 5-11 - Estimativa da DBO gerada por algas .....	62
Tabela 5-12 - Parâmetros exigidos pela CONSEMA 355.....	62
Tabela 5-13 - Estimativa de geração de lodo da lagoa facultativa .....	63
Tabela 5-14- Estimativa dos custos de implantação dos leitos de secagem .....	67
Tabela 5-15 - Valores para licenciamento ambiental .....	68
Tabela 5-16 - Custos estimados para limpeza das fossas .....	69
Tabela 5-17 - Sugestão de taxa para serviços de limpeza.....	69
Tabela 5-18 - Salários operadores .....	70
Tabela 5-19 - Estimativa de custos para destinação do lodo seco.....	70
Tabela 5-20 - Estimativa de custos totais de operação .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3-1 - Camadas formadas no tanque séptico. ....	20
Figura 3-2 - Visão geral esquemática de um leito de secagem.....	26
Figura 3-3 - Exemplo de lodo em processo de secagem .....	26
Figura 3-4 - Seção transversal típica de leito de secagem.....	28
Figura 3-5 - Exemplo de leito de secagem em construção .....	28
Figura 3-6 - Zonas ocorrentes em lagoas facultativas.....	32
Figura 4-1 - Localização do município no estado do Rio Grande do Sul.....	39
Figura 4-2 – Mapa de Porto Vera Cruz .....	40
Figura 4-3 - Atlas FEE da Classificação climática de Köppen, da Temperatura média anual e da Precipitação acumulada anual do estado do Rio Grande do Sul.....	42
Figura 4-4 - Tabela 1 da Norma NBR 7229.....	45
Figura 4-5 - Tabelas 2 e 3 da Norma NBR 7229.....	46
Figura 4-6 - Esquema da alternativa sugerida para o tratamento de resíduos de fossa séptica.....	48
Figura 5-1 - Desenho esquemático da configuração final da Sistema de Tratamento .....	66
Figura 5-2 - Fluxograma do Gerenciamento dos Resíduos de Fossa.....	67

## LISTA DE SIGLAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas

BDI: Benefícios e Despesas Indiretas

COMGRAD-AMB: Comissão de Graduação da Engenharia Ambiental

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA: Conselho Estadual do Meio Ambiente

CORSAN: Companhia Riograndense de Saneamento

DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO: Demanda Química de Oxigênio

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPH: Instituto de Pesquisas Hidráulicas

LS: Taxa de Aplicação Superficial

NBR: Norma Brasileira

NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl

OMS: Organização Mundial da Saúde

PMSB: Plano Municipal de Saneamento Básico

PROSAB: Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

SANEPAR: Companhia de Saneamento do Paraná

SINAPI: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SNIS: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SST: Sólidos Suspensos Totais

SSV: Sólidos Suspensos Voláteis

ST: Sólidos Totais

STV: Sólidos Totais Voláteis

TS: Teor de Sólidos

UFRGS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	14
2.	OBJETIVOS .....	16
2.1.	<b>Geral</b> .....	16
2.2.	<b>Específicos</b> .....	16
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
3.1.	<b>Saneamento Básico</b> .....	17
3.2.	<b>Tanques Sépticos</b> .....	19
3.3.	<b>Características do Lodo de Fossas</b> .....	21
3.4.	<b>Tratamento de Resíduos de Fossas Sépticas</b> .....	23
3.5.	<b>Leitos de Secagem</b> .....	25
3.6.	<b>Lagoas Facultativas</b> .....	30
3.7.	<b>Disposição Final</b> .....	35
4.	METODOLOGIA .....	37
4.1.	<b>Caracterização da Área de Estudo</b> .....	38
4.2.	<b>Sistemas Individuais com Fossa Séptica</b> .....	44
4.3.	<b>Estimativa de Volume de Lodo Gerado nos Tanques Sépticos</b> .....	44
4.4.	<b>Caracterização do Lodo das Fossas Sépticas</b> .....	46
4.5.	<b>Seleção das Tecnologias de Tratamento</b> .....	48
4.6.	<b>Leito de Secagem</b> .....	48
4.7.	<b>Lagoa Facultativa</b> .....	50
4.8.	<b>Estimativa de Custos para Implantação do Sistema</b> .....	52
4.9.	<b>Mão de Obra Necessária e Custos de Operação</b> .....	53
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	56
5.1.	<b>Justificativa da Escolha dos Tipos de Tratamento</b> .....	56
5.2.	<b>Estimativa de Volume de Lodo Produzido</b> .....	57
5.3.	<b>Leitos de Secagem</b> .....	58

<b>5.4.</b>	<b>Lagoa Facultativa .....</b>	<b>60</b>
<b>5.5.</b>	<b>Considerações Operacionais e Construtivas.....</b>	<b>63</b>
<b>5.6.</b>	<b>Configuração Final do Sistema Proposto .....</b>	<b>66</b>
<b>5.7.</b>	<b>Estimativa de Custos .....</b>	<b>67</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>72</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>74</b>
<b>8.</b>	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a Lei nº 11.445, de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Essa, prevê como princípio fundamental, em seu artigo 2º, a universalização do acesso aos serviços de saneamento (BRASIL, 2007). Atualmente, já está em vigor o novo marco legal do saneamento básico, representado pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Esta, atualiza a Lei nº 11.445, buscando aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no país.

Contudo, o país ainda enfrenta grandes dificuldades em busca da universalização dos serviços de esgotamento sanitário. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (2018), o índice médio de tratamento de esgotos do país é de apenas 46,3% do total gerado. Ainda, apenas 52,3% da população brasileira é atendida por rede de esgotos. Ou seja, metade da população do país não tem acesso a sistemas de esgotamento sanitário. No estado do Rio Grande do Sul, este panorama não é diferente, visto que estado coleta menos de 50% do esgoto gerado e trata apenas cerca de 13% (PESSOA, 2017).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde (2015), o esgoto é um resíduo poluidor que deve ser devidamente controlado pelo saneamento, a fim de evitar efeitos negativos sobre a saúde, o meio ambiente e o desenvolvimento social e econômico da população. Assim, afirma-se a necessidade de coleta e tratamento adequados dos esgotos, para que se evite a contaminação dos corpos hídricos, solos e a proliferação de doenças, visando a proteção ao meio ambiente, o bem-estar e a saúde humana.

Em locais onde inexitem redes coletoras de esgotos, sistemas individuais de coleta e tratamento de esgotos mostram-se como alternativas adequadas para o esgotamento sanitário, principalmente em municípios de pequeno porte (ANDREOLI, 2009). Esses sistemas individuais, compostos por fossas ou tanques sépticos, impedem que os efluentes domésticos sejam dispostos diretamente no solo ou em corpos hídricos, evitando impactos ao meio ambiente e à saúde pública.

Entretanto, os sistemas individuais geram resíduos durante sua operação, comumente chamados de lodos. O lodo gerado necessita ser removido das unidades individuais, devido ao fato destas terem um limite de volume que, quando ultrapassado, seu funcionamento acaba prejudicado e até mesmo interrompido. Após

removido, esse resíduo requer tratamento e disposição adequada, visando evitar a poluição do meio ambiente decorrente de seu descarte inadequado, o que, de acordo com o autor supracitado, raramente é observado na prática.

No município de Porto Vera Cruz/RS, de acordo com o seu Plano Municipal de Saneamento Básico, aprovado pela Lei Municipal Nº 1.530, de 20 de dezembro de 2018, houve deliberação para implantação de um sistema de esgotamento sanitário, visto a falta de redes coletoras e de tratamento de esgotos. No município, são adotados atualmente sistemas individuais, compostos por fossas ou tanques sépticos, porém, a prefeitura carece de estrutura para proceder com a limpeza e coleta dos resíduos de fossa, além de não possuir um sistema para tratar e dispor corretamente o lodo.

Diante do exposto, este trabalho objetiva propor uma opção de gerenciamento dos resíduos de fossa no município de Porto Vera Cruz, através de uma alternativa de tratamento baseada em sistemas naturais. Esses destacam-se pelo seu baixo custo de implantação, eficiência e simplicidade de operação, quando comparados aos sistemas convencionais. Assim, será proposto o dimensionamento de um sistema composto por leitos de secagem, para desidratação do lodo, e lagoas facultativas, para tratamento do percolado dos leitos, bem como uma estimativa de custos para a implantação e operação do sistema, assim como considerações sobre sua construção e operação. Dessa forma, busca-se demonstrar que esta é uma alternativa factível e adequada a realidade do município em questão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Geral**

O presente estudo tem como objetivo propor uma alternativa de gerenciamento dos resíduos gerados nas unidades individuais de esgotamento sanitário do município de Porto Vera Cruz-RS, avaliar sua viabilidade e estabelecer procedimentos de operação.

### **2.2. Específicos**

Como objetivos específicos deste estudo, destacam-se:

- Estimar o volume de lodo produzido nos sistemas individuais de esgotamento sanitário, definir suas características e dimensionar as unidades de tratamento;
- Estimar a eficiência do sistema de tratamento proposto;
- Estabelecer diretrizes para a operação do sistema e definir critérios construtivos;
- Verificar o atendimento da legislação em relação ao lançamento de efluentes no corpo receptor;
- Estimar os custos relativos à implantação e a operação do sistema.

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Será apresentado, nesse capítulo, uma revisão sobre saneamento, sistemas individuais, resíduos oriundos desses sistemas, alternativas de tratamento e opções de disposição final. As alternativas de tratamento aqui revisadas serão fundamentais para a escolha do sistema a ser proposto neste estudo.

#### **3.1. Saneamento Básico**

A definição de saneamento básico vem sendo construída e modificada ao longo da história, de acordo com as condições, conhecimentos e tecnologias de cada época. Em cada cultura tem-se uma diferente percepção sobre a relação entre as pessoas e o meio ambiente, variando também de acordo com a classe social e os níveis de informação e conhecimento (BRASIL, 2015).

De acordo com a Lei nº 11.445, de 2007, também conhecida como a Lei do Saneamento, o saneamento básico abrange o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e, também, a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Da mesma forma, o saneamento é um processo de intervenção destinado à preservação, manutenção e melhoria da qualidade ambiental, de modo a assegurar a saúde e a vida humana (BRASIL, 2015). Essa definição busca evidenciar a importância do saneamento em relação a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida da população.

Independentemente do conceito adotado, pode-se notar que não existe uma definição única para o saneamento básico. Mas, de qualquer forma, é evidente a relação do saneamento básico com as condições de saúde e bem-estar da população. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (2018), o saneamento é essencial para saúde humana, desde a prevenção de doenças até a melhoria e manutenção do bem-estar social.

Ainda, segundo a OMS, na publicação “Diretrizes de Saneamento e Saúde”, de

2018, pode-se definir o saneamento como o acesso e uso de instalações e serviços para a destinação segura de excrementos humanos. Essa publicação ainda define que um sistema de saneamento seguro é aquele projetado para separar os dejetos humanos do contato com as pessoas, em todas as etapas dos serviços de saneamento, desde os banheiros até o tratamento e disposição final.

Entretanto, uma grande parcela da população brasileira não dispõe de serviços básicos de coleta e tratamento de esgotos. Para o ano de 2019, foi levantado que 68,3% dos domicílios no Brasil tinham acesso a rede de esgoto ou fossa séptica ligada à rede, ou seja, quase um terço das residências não possuía ligação com rede de esgoto até 2019, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020). Essa mesma pesquisa, indica que 19,1% dos domicílios possuem fossa séptica não ligada à rede geral, e que cerca de 9 milhões de domicílios despejam seus dejetos de maneira inadequada, sendo em fossas rudimentares, valas, corpos hídricos e outros.

Segundo Andreoli (2009), nos locais onde existem galerias de águas pluviais, o esgoto é comumente depositado nestas, sendo transportado até o corpo hídrico receptor, que responderá a esse impacto de acordo com seu poder de autodepuração. Dessa forma, grande parte dos rios urbanos do Brasil apresentam péssimas condições de qualidade, sendo comum que não atendam nem aos mínimos critérios de qualidade definidos pela legislação do país.

De acordo com o autor supracitado, em regiões onde não existam infraestruturas hidráulicas e sanitárias, o uso de tanques sépticos pode ser considerado com uma alternativa cabível para a gestão dos efluentes domésticos. Todavia, esta opção requer limpezas e consequentes retiradas dos resíduos gerados, usualmente chamados de lodos. Esses resíduos, ao serem removidos dos tanques, necessitam de alternativas adequadas de tratamento e disposição final, devido ao seu potencial de causar impactos ao meio ambiente.

### 3.2. Tanques Sépticos

Os sistemas individuais de tratamento de esgotos, comumente chamados de fossas ou tanques sépticos, são geralmente utilizados em localidades onde não existem redes coletoras. Segundo a NBR 7229, um tanque séptico é uma unidade cilíndrica ou retangular, que possui um fluxo horizontal para tratamento de esgotos, através de processos como sedimentação, flotação e digestão (ABNT,1993).

Entretanto, existem diferenças entre fossas e tanques sépticos. Enquanto o tanque séptico gera um efluente que tem como destino a infiltração no solo, através de sumidouros ou valas de infiltração, a fossa é usada até que sua capacidade de volume seja atingida, ou seja, o lodo se acumula até ser necessário sua remoção (ANDREOLI, 2009). O que acontece na prática é que, geralmente, essas unidades são construídas nas residências de forma empírica, em desacordo com normas técnicas e padrões de engenharia. De qualquer maneira, ambas unidades de tratamento necessitam de limpezas periódicas para a retirada do lodo. Sendo assim, devido ao fato de usualmente serem considerados sinônimos, não será feita diferenciação neste trabalho entre tanques ou fossas sépticas, visto ao enfoque estar direcionado a correta destinação e tratamento do lodo proveniente dessas unidades, objetivando evitar maiores impactos ambientais decorrentes do seu descarte inadequado.

O funcionamento desses compartimentos é bastante simplificado. Os tanques sépticos podem ser constituídos por uma única câmara, chamados de tanques simples, ou serem subdivididos em compartimentos horizontais e verticais. Esses possuem a mesma finalidade, que é reter por decantação os sólidos contidos nos esgotos, permitir a digestão anaeróbia de parte destes resíduos e acumulá-los, até que sejam removidos em determinados intervalos de tempo (ANDREOLI, 2009).

Na parte superior do tanque, fica acumulada a espuma, formada por óleos, graxas e outras substâncias mais leves. O lodo acumulado no fundo do tanque representa de 20% a 50% do volume total do tanque quando este é limpo. Este sistema retém, aproximadamente, de 60% a 70% dos sólidos, óleos e graxas que passam por ele (USEPA, 1999). A Figura 3-1 abaixo, ilustra a configuração de um tanque séptico, assim como as camadas formadas em seu interior.

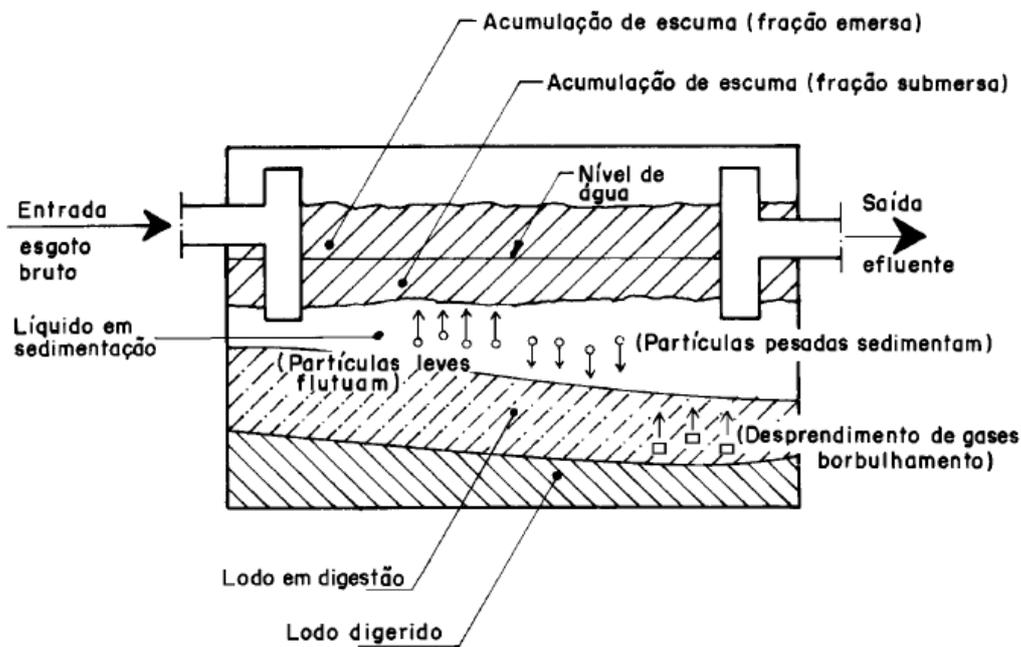


Figura 3-1 - Camadas formadas no tanque séptico.  
Fonte: ABNT, 1993.

A operação dos tanques sépticos é eventual, ou seja, deve ocorrer no prazo previsto no projeto, o que varia entre 1 e 5 anos (ABNT, 1993). Essa operação consiste na remoção do lodo acumulado no tanque, feita mecanicamente através de bombeamento ou sucção. Após a retirada, ainda permanece, retido ao fundo e junto às paredes, uma pequena quantia de lodo, que não deve ser removida, pois será responsável pelo desenvolvimento mais rápido da população de bactérias, que serão encarregadas da digestão anaeróbica do esgoto que virá ao sistema novamente (ANDREOLI, 2009). A NBR 7.229 recomenda que, quando houver remoção do lodo digerido, aproximadamente 10% de seu volume devem ser deixados no interior do tanque (ABNT, 1993).

A operação de limpeza dos tanques sépticos deve ser realizada conforme os períodos adequados para tal. Pois, conforme o passar do tempo, a camada de lodo do fundo vai tornando-se mais espessa, a ponto de ocupar a área destinada a decantação e até mesmo obstruir a tubulação de saída, comprometendo a eficácia do funcionamento do sistema (ANDRADE NETO, 1999 apud ANDREOLI, 2009). Porém, o que acaba acontecendo na prática é que a limpeza somente é realizada quando ocorre algum problema no funcionamento do sistema (DIOGO, 2019).

Segundo a NBR 7229, “o lodo e a espuma removidos dos tanques sépticos em nenhuma hipótese podem ser lançados em corpos de água ou galerias de águas pluviais” (ABNT, 1993). A disposição inadequada do lodo de fossas causa impactos diretos no meio ambiente, contaminando solos e recursos hídricos, gerando perigo à saúde humana. Sendo assim, o lodo gerado nos tanques sépticos, após sua retirada, deve ser devidamente tratado.

### **3.3. Características do Lodo de Fossas**

Quando realizada a limpeza de fossas sépticas, é comum que se retire cerca de 90% de seu conteúdo. Esse volume retirado consiste em uma mistura das camadas formadas no interior dos tanques, compostas pelo lodo sedimentado, uma parte ainda líquida de esgoto não digerido, e a espuma, formada na parte superior. Esse lodo, de forma geral, é composto por uma mistura de matéria orgânica (>70%), inorgânica, nutrientes, micro-organismos e mais de 95% de água (BRASIL, 2014). Cabe destacar que o volume gerado por esses lodos é composto principalmente por água.

A variabilidade das características do lodo retirado das fossas é alta, visto que a quantidade correspondente a cada uma das camadas depende do tempo empregado entre as limpezas e as características de uso. Sendo assim, devido à dificuldade da caracterização do lodo das fossas, o seu tratamento torna-se mais difícil (DIOGO, 2019). O Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB (ANDREOLI, 2009), realizou uma série de pesquisas para a caracterização do lodo de fossas, os resultados obtidos, após tratamento estatístico, estão apresentados na Tabela 3-1, a seguir.

Tabela 3-1 - Características dos resíduos de fossa no Brasil.

	pH	ALCALINIDADE (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	CONDUTIVIDADE ( $\mu$ S/cm)	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	N AMONICAL (mgNH <sub>3</sub> -N/L)	NTK (mgN/L)	FÓSFORO TOTAL (mgPO <sub>4</sub> /L)	ÓLEOS E GRAXAS (mg/L)	ST (mg/L)	STV (mg/L)	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	S Sed (ml/L)
<b>FAE/SANEPAR</b>														
N	22	21	22	21	21	22	22	22	21	22	22	12	12	21
Mínimo	5,1	132	805	137	700	33	50	4	130	1051	687	566	500	2
Máximo	8,4	1618	2800	6280	24600	264	1211	459	7037	38000	33628	19750	15266	600
Média	7,2	773	1636	2734	11219	124	444	132	1908	12116	7891	6656	4361	145
Mediana	7,3	743	1480	2396	9300	90	400	103	1508	8208	5612	5042	2786	110
DP	0,7	318	635	1747	6768	76	318	111	1768	9064	7311	6306	4440	134
CV	9,1	41	39	64	60	62	72	84	93	75	93	95	102	92
<b>UFRN/LARHISA</b>														
N	125	123	122	62	116	118	121	-	118	122	122	114	113	121
Mínimo	4,2	0	231	89	212	3	23	-	2	399	233	134	120	0
Máximo	8,3	2051	11270	14242	23492	277	511	-	6419	28590	22146	22276	16050	825
Média	6,6	471	1193	2176	4205	75	129	-	613	6508	4368	3891	2776	136
Mediana	6,7	387	957	955	3434	62	93	-	146	3489	2456	2021	1460	67
DP	0,8	338	1275	2859	4303	52	100	-	1115	7266	4925	4918	3586	175
CV	12,1	72	107	131	102	70	78	-	182	112	113	126	129	129
<b>UNB/CAESB</b>														
N	15	15	-	-	13	13	11	14	-	8	7	8	7	15
Mínimo	5,9	79	-	-	108	11	53	0	-	715	133	574	257	0
Máximo	7,9	1450	-	-	6932	98	473	52	-	45555	31097	35853	24047	450
Média	7,1	390	-	-	1281	51	160	14	-	10214	7368	6395	4996	70
Mediana	7,1	271	-	-	487	54	90	8	-	1504	1263	1010	1015	4
DP	0,6	371	-	-	1911	26	149	16	-	16274	11497	12125	8600	129
CV	8	95	-	-	149	51	93	118	-	159	156	190	172	185
<b>USP/EESC/EESC</b>														
N	31	18	-	30	32	20	8	18	23	30	29	29	28	28
Mínimo	6	219	-	76	162	-	-	17	7	695	214	200	48	1
Máximo	7,5	878	-	7413	22445	-	-	73	2803	27932	21152	19280	11032	250
Média	6,9	477	-	1524	4491	-	-	39	345	5216	3053	3257	1749	50
Mediana	7	461	-	666	1663	-	-	37	137	1712	790	900	489	13
DP	0,4	174	-	2148	6489	-	-	16	610	7803	5325	5465	3115	78
CV	5,7	36	-	141	145	-	-	40	177	150	174	168	178	155

LEGENDA: N: Número de Amostras; DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de Variância; DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio; Demanda Química de Oxigênio; N Amoniacal.: Nitrogênio Amoniacal; NTK: Nitrogênio Total Kjeldahl; ST: Sólidos Totais; STV: Sólidos Totais Voláteis; SST: Sólidos Suspensos Totais; SSV: Sólidos Suspensos Voláteis; S Sed: Sólidos Sedimentáveis.

Fonte: Adaptado de: Andreoli, 2009.

Nota-se nos resultados apresentados na Tabela 3-1, a grande faixa de variações dos valores obtidos para cada um dos parâmetros avaliados. Ao avaliar esses resultados, é necessário que se considere que os resíduos coletados foram retirados de diferentes unidades físicas, como fossas, sumidouros, tanques sépticos, entre outros. Da mesma forma, a amostragem coincide com diferentes períodos de digestão das unidades, o que contribui mais ainda para esta variabilidade (ANDREOLI, 2009).

Segundo ANDREOLI (2009), os resíduos esgotados pelos caminhões limpa-fossa são mais concentrados do que os esgotos sanitários. Todavia, grande parte dos contaminantes está ligada a fase sólida destes resíduos de fossa, de forma que uma etapa de separação sólido-líquido gera uma fase líquida de menor concentração, principalmente em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO), o que facilita o dimensionamento das unidades de tratamento (MANGA et al., 2016 apud DIOGO, 2019). Portanto, é importante a realização de não somente uma etapa de secagem de lodo, visando diminuição de seu volume, mas também um procedimento adicional de tratamento da fase líquida gerada, para que esta possa ser corretamente destinada.

É de grande importância salientar, ainda, a presença de uma concentração elevada de agentes patogênicos nos resíduos de fossa (BRASIL, 2014). Assim, se faz extremamente necessário o correto gerenciamento destes resíduos, assim como tratamento e disposição final adequada.

### **3.4. Tratamento de Resíduos de Fossas Sépticas**

O lodo proveniente das fossas sépticas apresenta características diversas, como uma grande parcela de matéria orgânica e micro-organismos patogênicos, fazendo com que esses resíduos possuam um elevado potencial de poluição. Assim, os resíduos oriundos das fossas ou tanques sépticos necessitam de alternativas de tratamento e disposição final adequadas, para que se evitem impactos negativos ao meio ambiente (ANDREOLI, 2009).

De acordo com o autor supracitado, no Brasil, pouca atenção é dada ao gerenciamento do lodo gerado nos sistemas individuais, assim, geralmente esse

tratamento é realizado de maneira inadequada. Em algumas localidades, o lodo coletado das fossas é lançado nas estações de tratamento de esgotos (ETE) convencionais. Ainda, em locais onde não existem estações de tratamento de esgotos ou sistemas de tratamento de lodos de fossa, esses resíduos são dispostos de forma indiscriminada, sem qualquer tipo de tratamento, em rios, no solo e até mesmo como fertilizante, gerando riscos à saúde pública e ao ambiente (ANDREOLI et al., 2007).

Existem diferentes processos para o tratamento dos lodos de fossa apresentados na literatura, assim como sistemas que combinam alguns destes. Segundo Andreoli (2009), os resíduos de fossa requerem tratamentos que sejam compatíveis com suas características. Dessa forma, os principais processos para o tratamento, são: tratamento preliminar de remoção de umidade, tratamento da fase líquida, tratamento da fase sólida e alternativas de disposição de ambos os resíduos gerados, sólidos e líquidos.

O lodo de fossas apresenta muita umidade, e por isso, uma etapa comum às diferentes alternativas de tratamento é a separação sólido-líquido (ANDREOLI, 2009). Para tal, existem alternativas baseadas em sistemas mecanizados e alternativas baseadas em sistemas naturais. Os sistemas mecanizados podem ser tanques de sedimentação, filtros-prensa, centrifugas, entre outros. Entretanto, esses sistemas apresentam custos elevados e operações mais complexas. Assim, os sistemas baseados em mecanismos naturais são mais viáveis, devido a sua simplicidade construtiva e operacional, apenas necessitando de uma maior disponibilidade de área (TAYLER, 2018). De acordo com Andreoli (2009), os leitos de secagem são alternativas comumente utilizadas, devido a sua simplicidade e o baixo valor de investimento. Nesses, a remoção da umidade ocorre através da drenagem da água presente no lodo e através da evaporação natural, dependendo apenas de condições climáticas favoráveis.

O objetivo principal do tratamento da fase líquida é reduzir a carga orgânica e os sólidos suspensos, de modo a atingir os parâmetros legais de lançamento de efluentes em corpos hídricos. Para o tratamento dessa fase, existem opções mais complexas, como reatores UASB, lodos ativados, lagoas aeradas e outros (TAYLER, 2018). Como alternativa a esses processos, apresentam-se as lagoas de estabilização, sendo o uso dessas amplamente difundido no Brasil. As lagoas têm como principais vantagens a

elevada eficiência de remoção de matéria orgânica e patógenos, o baixo custo e a simplicidade de implantação e operação (ANDREOLI, 2009). Essas podem ser classificadas em anaeróbias, facultativas e de maturação, dependendo das características construtivas e dos processos de degradação da matéria orgânica. As lagoas facultativas são as mais simples dentre as lagoas de estabilização, estas caracterizam-se pela simplicidade e à confiabilidade de sua operação, por depender apenas de processos naturais (VON SPERLING, 2009).

A partir das alternativas aqui apresentadas, neste estudo, será proposto um sistema de tratamento de resíduos de fossa baseado em sistemas naturais, por serem mais simples e com custos mais reduzidos. Assim, será proposto o dimensionamento de um sistema de leito de secagem para a separação sólido-líquido dos lodos e o dimensionamento de lagoas facultativas para o tratamento da fase líquida percolada dos leitos.

### **3.5. Leitos de Secagem**

Considerando que o volume do lodo de fossas sépticas é, em sua maioria, composto por água, uma etapa de desaguamento e secagem é fundamental em seu tratamento. Dessa forma, reduzindo a umidade e o volume diminui-se também os custos associados às etapas de armazenamento, transporte e disposição final. Neste cenário, a desidratação do lodo em leitos de secagem se apresenta como uma alternativa viável, por ser um método simples e possuir um custo menor se comparado a processos mecanizados. O uso desse sistema de separação sólido-líquido tem como principal virtude a sua simplicidade, sendo utilizado por muitas estações de tratamento existentes como seu principal processo de tratamento (TAYLER, 2018).

Os leitos de secagem são a forma mais simples e antiga utilizada para a desidratação de lodos. Esse resíduo é descarregado nos leitos, compostos basicamente de areia e cascalho, formando uma camada de 20 cm a 30 cm de altura. Então, o mesmo é deixado no leito para que ocorra a percolação da água livre e a evaporação da água superficial, de modo que atinja altos teores de sólidos e possa ser retirado através da utilização de pás ou outros equipamentos apropriados (TAYLER, 2018). Após atingir a desidratação esperada, o lodo seco deve ser

removido, assim como o efluente líquido gerado, para que esses possam receber o tratamento e a disposição adequada. A Figura 3-2, a seguir, apresenta uma visão geral esquemática de um leito de secagem.

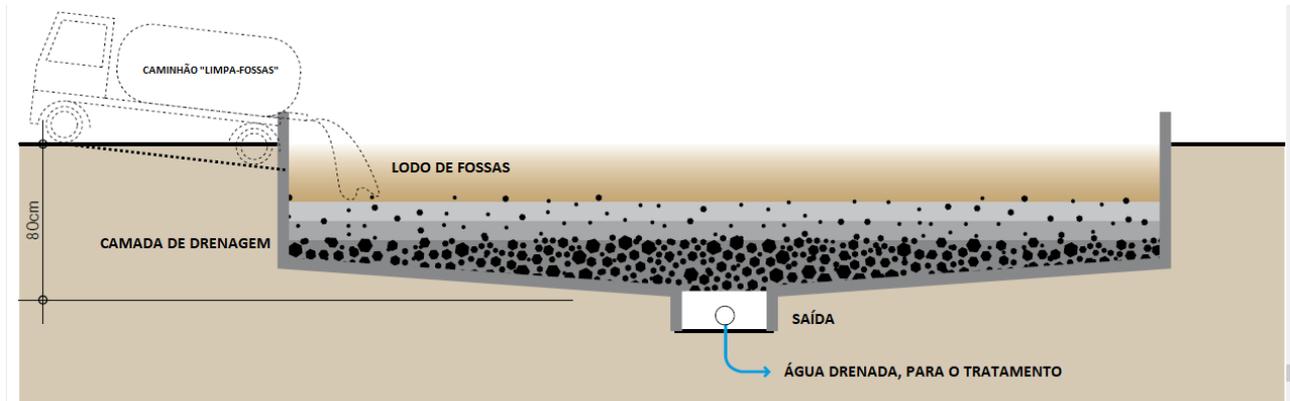


Figura 3-2 - Visão geral esquemática de um leito de secagem  
Fonte: Adaptado de Tilley et al., 2014.

A secagem do lodo nos leitos ocorre por processos naturais de desidratação, de acordo com as condições climáticas, ocorrendo em temperatura ambiente. Geralmente, são compostos por tanques de formatos retangulares e a céu aberto. Esses podem ser projetados e construídos para receber diferentes tipos de lodos, como, por exemplo, lodos digeridos, lodos aeróbios ou anaeróbios. Um importante fenômeno a ser observado é que quando o lodo, digerido de forma anaeróbica nas fossas, é descarregado no leito de secagem, os sólidos sobem à superfície, devido a liberação dos gases presentes. Isso facilita a separação sólido-líquido e diminui a resistência a infiltração no leito. Ainda, a evaporação faz com que a lama rache, facilitando a perda de água e a drenagem de possíveis aportes de água causados por chuvas (HEINSS et al., 1998). A Figura 3-3, a seguir, exemplifica as rachaduras que se formam no lodo durante o processo de secagem.



Figura 3-3 - Exemplo de lodo em processo de secagem  
Fonte: Strande et al., 2014.

Os leitos de secagem são operados em regime de batelada, ou seja, é necessária a remoção do lodo seco antes da inserção de uma próxima carga, para que o leito funcione de forma eficiente. A evaporação e a percolação são os mecanismos responsáveis pela desidratação e secagem dos lodos. A percolação é responsável por 50% a 80% da eliminação de água, enquanto a evaporação corresponde de 20% a 50% da água removida (HEINSS et al., 1998). Segundo Tilley et al. (2014), o volume do lodo aplicado no leito de secagem irá diminuir de 50% até 80%, correspondendo à quantidade de água removida, seja ela por percolação ou evaporação. De acordo com Tayler (2018), o teor de sólidos geralmente obtido, é de 20% a 30%, porém, o lodo seco pode atingir um teor de sólidos de 75% ou até mais, se as condições climáticas forem favoráveis e o tempo de secagem suficiente.

No Brasil, a norma NBR 12.209 (ABNT, 2011) define que os leitos de secagem devem ser utilizados apenas em lodos já estabilizados, como os lodos de fossas sépticas, por exemplo. Os critérios que devem ser considerados para o cálculo da área, bem como a composição das camadas do leito, estão descritos na NBR 12.209 (ABNT, 2011):

7.7.1.3 A área de leito de secagem deve ser calculada a partir de:

- a) produção de lodo;
- b) teor de sólidos no lodo aplicado;
- c) ciclo do processo de secagem para obtenção do teor de sólidos desejado;
- d) altura de lodo sobre o leito de secagem;
- e) condições climáticas locais.

7.7.1.5 O fundo do leito de secagem deve promover a remoção do líquido intersticial, através de material drenante constituído por:

- a) uma camada de areia com espessura de 5 cm a 15 cm;
- b) sob a camada de areia, três camadas de brita, sendo a inferior de pedra de mão ou brita (camada suporte), a intermediária de brita 3 e 4 com espessura de 10 cm a 30 cm e a superior de brita 1 e 2 com espessura de 10 cm a 15 cm;
- c) sobre a camada de areia devem ser colocados tijolos recozidos ou outros elementos de material resistente à operação de remoção do lodo seco, com juntas de 2 cm a 3 cm;
- d) o fundo do leito de secagem deve ser plano e impermeável, com inclinação mínima de 1% no sentido de um coletor principal de escoamento do líquido drenado.

7.7.1.7 O dispositivo de entrada do lodo no leito de secagem deve permitir a descarga em queda livre sobre a placa de proteção da superfície da camada de areia.

A Figura 3-4 e a Figura 3-5, apresentadas a seguir, ilustram as camadas que compõe um leito de secagem e apresentam um exemplo de leito de secagem em construção, respectivamente.

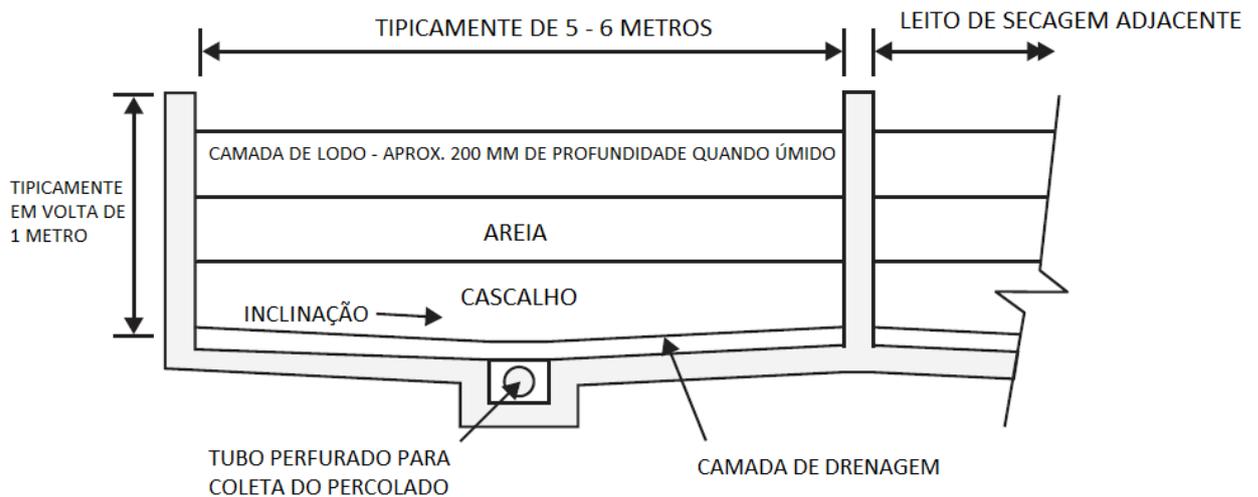


Figura 3-4 - Seção transversal típica de leito de secagem  
Fonte: Adaptado de Tayler, 2018.



Figura 3-5 - Exemplo de leito de secagem em construção  
Fonte: Tayler, 2018.

Segundo Strande et al. (2014), os principais fatores que afetam a operação dos leitos de secagem são os seguintes:

- Umidade: A umidade elevada reduz o processo de evaporação, comprometendo a secagem do lodo;
- Temperatura: Temperaturas mais altas contribuem para a evaporação e secagem;
- Vento: Contribui para remoção de água por evaporação;
- Precipitação: A chuva aumenta a umidade no lodo, atrasando o processo de secagem. Em locais onde as chuvas são muito frequentes e prolongadas, os leitos de secagem podem ser inviáveis. Porém, isso pode ser resolvido com o uso de coberturas sobre os leitos, ou não utilizando-os nesses períodos mais chuvosos.

A origem do lodo também é importante para determinar a eficiência do leito de secagem. Os lodos digeridos em fossas sépticas têm uma menor quantidade de água ligada, sendo mais facilmente desidratado do que lodos frescos (STRANDE et al., 2014).

A água proveniente da precipitação pluviométrica é removida a uma taxa mais rápida do que a água do lodo, sendo assim, grande parte deste volume de água precipitado percola rapidamente pelo leito, não se distribuindo na camada de lodo do leito de secagem (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994 apud SOARES et al., 2011). Logo, não é comprometida a eficiência da utilização do leito, desde que os períodos de chuva não perdurem por longos períodos.

Segundo Andreoli (2009), as principais vantagens associadas a utilização dos leitos, são as seguintes: valor baixo de investimento para a construção, simplicidade operacional, baixo ou nulo consumo de energia e produtos químicos e o alto teor de sólidos obtidos no lodo seco. Entretanto, os leitos de secagem também possuem suas desvantagens, entre elas: limitações devido à utilização de fenômenos naturais para a remoção de umidade, dependência das condições climáticas e as grandes áreas requeridas para a implantação do sistema.

Como visto, a secagem do lodo é uma forma eficaz de reduzir o volume, facilitando seu armazenamento, transporte para tratamento posterior, uso ou disposição final. Porém, esta tecnologia não é muito eficiente na estabilização ou diminuição do conteúdo patogênico (TILLEY et al., 2014). Logo, é importante a realização da disposição final adequada.

Quanto a fase líquida, o percolado do leito de secagem tende a exibir níveis baixos de contaminantes, no entanto, terá que ser submetido a uma forma adequada de tratamento, por exemplo, em lagoas facultativas (HEINSS et al., 1998). Segundo Tayler (2018), a remoção de SST do lodo pode chegar até 95% ou mais, ou seja, o percolado pode apresentar concentrações de SST menores que 5% da concentração apresentada no lodo úmido. Cofie et al. (2006) obtiveram, em testes que realizaram, valores de remoção de DBO e DQO na faixa de 86% a 91% e 85% a 90%, respectivamente. Ainda, constataram a remoção de 100% de ovos de helmintos no percolado do leito de secagem. Os valores obtidos pelo autor supracitado assemelham-se muito aos valores obtidos por Heinss et al., (1998) em uma investigação de campo sobre leitos de secagem em Accra, capital de Gana, na África. Nesse mesmo estudo, mostrou-se que a remoção do nitrogênio inorgânico varia na faixa de 40% a 60%. Sendo assim, lagoas de estabilização de resíduos são uma opção de tratamento adequado para reduzir ainda mais a carga orgânica, amônia e patógenos, de modo a atender aos padrões de qualidade exigidos para o lançamento de efluentes (HEINSS et al., 1998).

### **3.6. Lagoas Facultativas**

Após ocorrida a etapa de secagem do lodo nos leitos de drenagem, é necessária a realização do tratamento do efluente líquido desaguado. Esta fase líquida ainda contém carga orgânica, composta por sólidos suspensos e por uma demanda de oxigênio. Para que possa ser disposto em corpos hídricos superficiais, este efluente precisa atender os padrões exigidos na legislação referente ao lançamento de efluentes. No Brasil, a Resolução nº 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 2011, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluente. No Rio Grande do Sul, a Resolução nº 355, de 2017, do Conselho Estadual

do Meio Ambiente (CONSEMA) regulamenta tal atividade.

Existem diferentes tipos de lagoas utilizadas para o tratamento de esgotos, sendo estas classificadas em lagoas anaeróbias, lagoas facultativas e lagoas de maturação. Estas lagoas são usadas para a remoção de matéria orgânica e redução do número de organismos patógenos. O processo de tratamento por lagoas facultativas, dentre os tipos de lagoas existentes, é o mais simples, pois depende exclusivamente de processos naturais. Segundo Von Sperling (2009, p. 19), “o processo consiste na retenção dos esgotos por um período longo o suficiente para que os processos naturais de estabilização da matéria orgânica se desenvolvam”. Seu processo de construção também é simplificado, baseando-se basicamente em movimentos de terra, como corte, compactação e preparação de taludes (VARÓN; MARA, 2004).

A principal vantagem da aplicação de lagoas facultativas, além de seu baixo custo, refere-se ao fato de que, por basearem-se em mecanismos naturais, não se faz necessária a utilização de equipamentos mecânicos. Estes que necessitam de mão de obra especializada, geram consumo de energia elétrica e estão sujeitos a falhas. Por outro lado, por dependerem de condições climáticas favoráveis, estas necessitam de um maior tempo de detenção, para que as reações ocorram de forma completa, além de requererem maior disponibilidade de área.

Em lagoas facultativas, ao longo de sua profundidade, ocorrem três diferentes zonas, que são classificadas de acordo com a presença ou ausência de oxigênio. São estas: zona aeróbia, mais próxima a superfície, zona anaeróbia, formada ao fundo da lagoa e uma zona intermediária, localizada entre estas duas, conhecida como zona facultativa (VON SPERLING, 2009). A Figura 3-6 ilustra, de forma esquemática, uma lagoa facultativa e a sua divisão em três diferentes zonas.

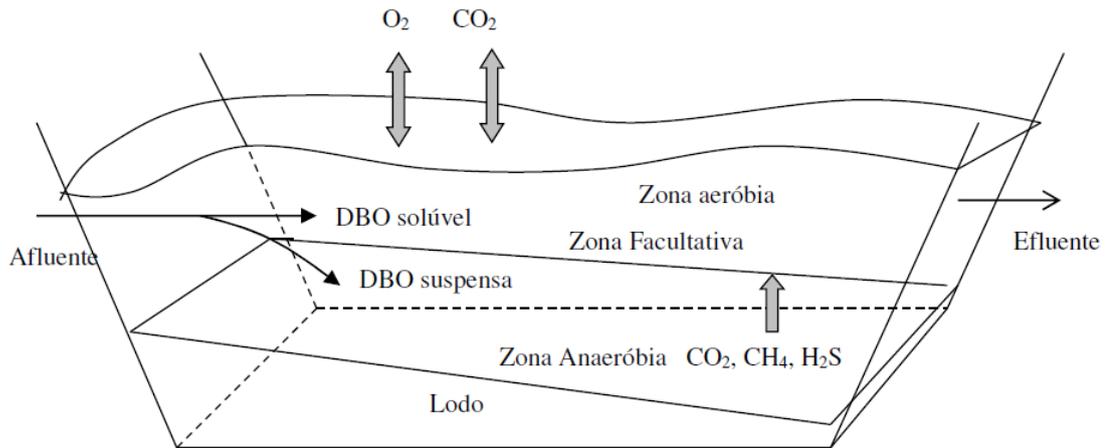


Figura 3-6 - Zonas ocorrentes em lagoas facultativas  
 Fonte: Von Sperling, 2009

A zona anaeróbia é formada ao fundo da lagoa, devido a sedimentação dos sólidos suspensos no líquido que entra na lagoa, que acaba sendo decomposto por microrganismos anaeróbios, gerando água, metano, gás carbônico e outros. Assim, é formado no fundo um resíduo inerte, chamado de lodo, que não é biodegradável. Nesta zona, o oxigênio é consumido pela matéria orgânica e, devido a profundidade, não ocorre sua reposição (VON SPERLING, 2009).

A zona aeróbia ocorre na camada localizada próxima à superfície da lagoa, em que a matéria orgânica é consumida por meio da respiração aeróbia dos microrganismos. Nesta zona, o oxigênio é produzido através da fotossíntese realizada por algas e, principalmente, por trocas gasosas com a atmosfera (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

Segundo Von Sperling (2009), zona facultativa ocorre entre as duas camadas anteriormente citadas. Nessa zona, conforme a penetração de incidência solar diminui com a profundidade da lagoa, a fotossíntese das algas tende a reduzir-se, até um limite onde deixa de ocorrer. Assim, as variações entre a respiração e as taxas de fotossíntese dos microrganismos resulta em períodos de presença de oxigênio e em períodos de ausência deste nessa camada.

Devido ao consumo e a produção de oxigênio e gás carbônico, ocorre o equilíbrio entre estas diferentes camadas. Ou seja, os microrganismos realizam a respiração, consumindo oxigênio e produzindo gás carbônico, enquanto as algas realizam a fotossíntese, consumindo o gás carbônico e produzindo o oxigênio (VON SPERLING,

2009).

Por tratar-se de um processo natural, o tratamento de efluentes em lagoas facultativas é afetado diretamente por fatores climáticos, que podem facilitar o processo ou fazer com que este seja mais lento, demandando um maior tempo para que se complete. Os principais fatores climáticos envolvidos são a radiação solar, a temperatura e vento. A radiação solar interfere na fotossíntese, assim com a temperatura. Porém, a temperatura ainda exerce influência nas taxas de decomposição microbiana, na solubilidade de gases no líquido e nas condições de mistura. O vento também exerce influência, aumentando o contato da superfície da água com a atmosfera e, conseqüentemente, aumentando a eficiência da transferência de oxigênio para o líquido (JORDÃO e PESSÔA, 2014).

Para o dimensionamento das lagoas facultativas são consideradas as seguintes variáveis: taxa de aplicação superficial, profundidade, tempo de detenção e geometria (VON SPERLING, 2009). A geometria refere-se à relação entre o comprimento e a largura, o que define o regime hidráulico da lagoa, que tem influência direta com a eficiência desta.

Nas lagoas em que a relação comprimento/largura é mais alta, ou seja, em lagoas mais longas, ocorre o regime hidráulico de fluxo em pistão, aonde a dispersão longitudinal de partículas do líquido é mínima. Devido à baixa dispersão longitudinal, supõe-se que as partículas do efluente líquido entram em uma extremidade da lagoa, passem através da mesma e sejam descarregadas na mesma ordem em que entraram. Este tipo de fluxo é idealizado, uma vez que impossível evitar que ocorram dispersões longitudinais. Mesmo assim, este sistema possui uma maior eficiência para remoção de matéria orgânica (como a DBO) em comparação a lagoas com fluxos hidráulicos de mistura completa, em que as partículas do líquido são dispersas em todas as direções ao entrarem na lagoa (VON SPERLING, 2009).

A profundidade tem relação com diferentes aspectos da lagoa, como por exemplo a zona facultativa, que depende da entrada de radiação solar para a realização da fotossíntese, visto que a intensidade da radiação solar diminui conforme a profundidade vai aumentando. A fim de manter as condições aeróbicas da superfície, a zona intermediária facultativa e zona anaeróbia ao fundo, as lagoas

devem ter uma profundidade que varie entre 1 m e 2,5 metros (TILLEY et al., 2014).

O tempo de detenção corresponde diretamente a atividade microbiana. Ou seja, é tempo que os microrganismos levam para conseguir realizar a estabilização da matéria orgânica no interior da lagoa facultativa (VON SPERLING, 2009).

A taxa de aplicação superficial é utilizada para calcular a área requerida pela lagoa, sendo expressa em termos de kg DBO<sub>5</sub> por dia por hectare (kgDBO<sub>5</sub>/ha.dia). Esta taxa varia de acordo com as características e condições climáticas de cada região, sendo que, em regiões que possuam grande quantidade de insolação e condições climáticas favoráveis, estas taxas são mais altas, se comparadas com regiões de clima temperado, por exemplo.

Segundo a literatura, os valores para taxa de aplicação superficial variam de acordo com a temperatura, podendo ser utilizados valores na faixa de 10 a 350 kgDBO<sub>5</sub>/ha.dia, dependendo das condições climáticas locais (JORDÃO e PESSÔA, 2014). Von Sperling (2009) sugere a utilização das seguintes taxas de aplicação (Ls) para o dimensionamento de lagoas facultativas:

- Inverno quente e elevada insolação: Ls = 240 a 350 kg DBO<sub>5</sub>/ha.dia;
- Inverno e insolação moderados: Ls = 120 a 240 kg DBO<sub>5</sub>/ha.dia;
- Inverno frio e baixa insolação: Ls = 100 a 180 kg DBO<sub>5</sub>/ha.dia;

A eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub> da lagoa facultativa encontra-se na faixa de 75% a 85%, enquanto a faixa de remoção de sólidos suspensos está na faixa de 70% a 80% (JORDÃO e PESSÔA, 2014). Outras literaturas indicam a faixa de 70% a 90% de remoção de DBO (MARA, 2004). Von Sperling (2009) indica as seguintes faixas de remoção, apresentadas na Tabela 3-2, a seguir:

Tabela 3-2 - Características de eficiência de lagoas facultativas

Parâmetro	Eficiência de Remoção (%)
DBO <sub>5</sub>	75 – 85
DQO	65 - 85
SS	70 - 80
Amônia	< 50
Nitrogênio	< 60
Fósforo	< 35
Coliformes	90 - 99

Fonte: Adaptado de: Von Sperling, 2009.

### 3.7. Disposição Final

Após as etapas de tratamento do lodo de fossas, são gerados dois diferentes tipos de resíduos. O leito de secagem gera um volume considerável de lodo seco, com alto teor de sólidos e presença de patógenos (TAYLER, 2018). Esse lodo seco deve ser disposto adequadamente, a fim de se evitar possíveis contaminações no meio ambiente e perigos à saúde humana.

A lagoa facultativa gera um efluente final líquido com uma considerável carga de matéria orgânica, composta basicamente por  $DBO_5$  solúvel, remanescente do tratamento, e  $DBO_5$  particulada, formada principalmente pelas algas presentes no sistema (VON SPERLING, 2009). É estimado que a composição dos SS do efluente final da lagoa seja de 60% a 90%, composto em maioria pelas algas. Essas, ao entrarem em decomposição, passam a exigir uma demanda de oxigênio no corpo receptor. Assim, estima-se que a demanda de oxigênio que resulta da decomposição de 1,0 mg de algas seja de aproximadamente 0,45 mg de  $DBO_5$ . Dessa forma, cada 1 mg de SS no efluente da lagoa tem o potencial de produzir de 0,3 a 0,4 mg de  $DBO_5$  (MARA, 1995 apud VON SPERLING, 2009).

Para que o efluente da lagoa facultativa possa ser descartado em um corpo hídrico superficial, este deve atender alguns parâmetros, visto a demanda de oxigênio que será exercida devido à presença das algas, assim como a presença de outras substâncias. No Brasil, a Resolução nº 430 do CONAMA, de 2011, dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos de água receptores. No Rio Grande do Sul, a resolução de nº 355, de 2017, CONSEMA, dispõe sobre os critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos em águas superficiais. De qualquer forma, devem ser atendidos, basicamente, os limites de lançamento dos parâmetros de Demanda Bioquímica de Oxigênio, Demanda Química de Oxigênio, Sólidos Suspensos e Coliformes, para os efluentes da lagoa facultativa.

Uma alternativa de disposição do efluente de lagoas facultativas é usá-lo na irrigação agrícola, pois ao se decomporem, as algas liberam nutrientes que podem ser utilizados pelas culturas, possibilitando a reciclagem destes nutrientes (VON SPERLING, 2009). Porém, deve-se atentar para a presença de coliformes termotolerantes, visto a origem deste efluente, sendo necessário o emprego de um

tratamento adicional visando a redução destes patógenos. Outra possibilidade para destinação deste efluente, é a utilização em sistemas de aquacultura, como a piscicultura, em que as algas são consumidas pelo zooplâncton, que por sua vez, são consumidos pelos peixes. Sendo assim, as algas entram na cadeia alimentar do sistema de criação de peixes (FELIZATTO, 2000).

As lagoas facultativas geram uma pequena quantidade de lodos, diferentemente do grande volume gerado pelos leitos de secagem. Estima-se que o acúmulo de lodo pelas lagoas varia na faixa de 0,03 a 0,08 m<sup>3</sup>/hab.ano (ARCEIVALA, 1981 apud VON SPERLING, 2009). Sendo assim, segundo Von Sperling (2009), devido à baixa taxa de acumulação de lodo, o volume por ele ocupado na lagoa será baixo, e o lodo irá se acumular por anos, sem necessidade de remoção.

O lodo seco gerado nos leitos de secagem é mais concentrado do que o lodo proveniente das lagoas, além de ser gerado em maior quantidade. Esse é removido a cada ciclo de limpeza do leito, devendo ser armazenado e disposto de maneira adequada. Independente da origem do lodo, ele deve ser disposto de forma ambientalmente adequada, devido a presença de patógenos em sua composição.

As alternativas de disposição final do lodo seco são, basicamente duas, enviar para disposição final em aterro sanitário ou utilizá-lo como fertilizante (BRASIL, 2014). Na agricultura, a utilização do lodo como fertilizante possibilita a reciclagem de nutrientes, além de fornecer matéria orgânica para o condicionamento dos solos, de acordo com o autor supracitado. No Brasil, a Resolução de nº 375, de 2006, do CONAMA define os critérios para o uso do lodo de esgotos na agricultura. Nessa Resolução, é definido que os lodos gerados em sistemas de tratamento de esgoto devem ser submetidos a processo de redução de patógenos e da atratividade de vetores, para que possam ter aplicação agrícola, de modo a não trazer riscos à saúde pública.

## 4. METODOLOGIA

A metodologia do presente estudo consistiu nas seguintes etapas, conforme os itens apresentados a seguir:

- Definição do estudo de caso: município de Porto Vera Cruz-RS;
- Levantamento dos dados de entrada: soluções individuais, volumes e características do lodo;
- Seleção das tecnologias de tratamento, baseadas em sistemas naturais;
- Dimensionamento das unidades constituintes da proposta de deságue de lodo e posterior tratamento do percolado gerado;
- Diretrizes para a operação dos sistemas e mão de obra necessária;
- Estimativa de custos de implantação e de operação do sistema;

Definido o município de Porto Vera Cruz – RS como objeto deste estudo, a projeção da demanda da quantidade de lodo a ser tratado será feita a partir da quantificação do número de domicílios existentes, tendo como alvo a zona urbana do município.

A escolha da zona urbana como alvo deste estudo foi feita com base na prioridade relatada pelo próprio município, através de contatos realizados com servidores da administração municipal. Segundo a Prefeitura Municipal, devido à grande extensão da zona rural, não seria viável para o município proceder com a coleta de resíduos de fossas nessas localidades. Assim, a prioridade atual é realizar a limpeza das fossas da zona urbana. A urgência nessa zona também se dá devido a algumas residências estarem localizadas em locais sujeitos às inundações do Rio Uruguai, de acordo com informações disponíveis em seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB, 2018). Nesses locais, em situações de cheia, a água acaba causando o extravasamento das fossas e o carreamento de seus resíduos. Dessa forma, quando da proximidade de cheias, a prefeitura necessita realizar a limpeza dos tanques sépticos dessas residências, de modo a reduzir o risco de impactos ambientais.

A estimativa do volume de lodo a ser coletado por domicílio será feita com base na NBR 7.229 (ABNT, 1993). De posse desses dados, será estabelecido um período de intervalo de limpezas nas fossas, e o dimensionamento das unidades que compõe o sistema de tratamento de resíduos de fossa proposto.

O dimensionamento das unidades será feito conforme os critérios mais adequados as características do município, disponíveis na literatura consultada. Da mesma forma, a eficiência dos sistemas propostos será estimada com base na literatura disponível, utilizando-se dos valores mais conservadores, por medida de segurança.

Após dimensionadas as unidades, serão propostas diretrizes de operação para cada parte do sistema, bem como serão colocadas informações importantes a respeito do funcionamento dessas. Finalmente, será feita uma estimativa dos custos de implantação para cada uma das unidades e a definição da mão de obra necessária para a operação e manutenção do sistema.

#### **4.1. Caracterização da Área de Estudo**

Este item apresentará uma caracterização do município de Porto Vera Cruz, RS. Serão aqui descritas informações como sua localização, acessos, população e clima, que são de relevância para a elaboração das propostas a serem apresentadas neste estudo. Também será apresentada a situação atual do município em relação aos serviços de esgotamento sanitário, motivo pelo qual esse trabalho está sendo proposto. Tais informações foram obtidas através da Prefeitura Municipal de Porto Vera Cruz.

##### **4.1.1. Localização e Acessos**

O município de Porto Vera Cruz localiza-se geograficamente na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, às margens do Rio Uruguai, possuindo uma área total de 114,539 Km<sup>2</sup>. A Figura 4-1 apresenta a localização do município no mapa do estado do RS. O município faz fronteira com o município de Alecrim, ao norte, com o

município de Porto Lucena, ao sul, com o município de Santo Cristo, a leste, e a oeste com o município de Panambi, da Argentina.

Porto Vera Cruz dista 540 Km da Capital Porto Alegre, tendo como acessos principais a via RS-575 e a via RS 472. Existem também acessos alternativos, através de estradas não pavimentadas, que ligam Porto vera Cruz aos municípios vizinhos. O acesso ao município de Panambi (AR), se dá através de uma balsa. A Figura 4-2 mostra os acessos ao município e seus limites.



Figura 4-1 - Localização do município no estado do Rio Grande do Sul  
Fonte: Raphael Lorenzeto de Abreu - Imagem: RioGrandedoSul MesoMicroMunicip.svg.

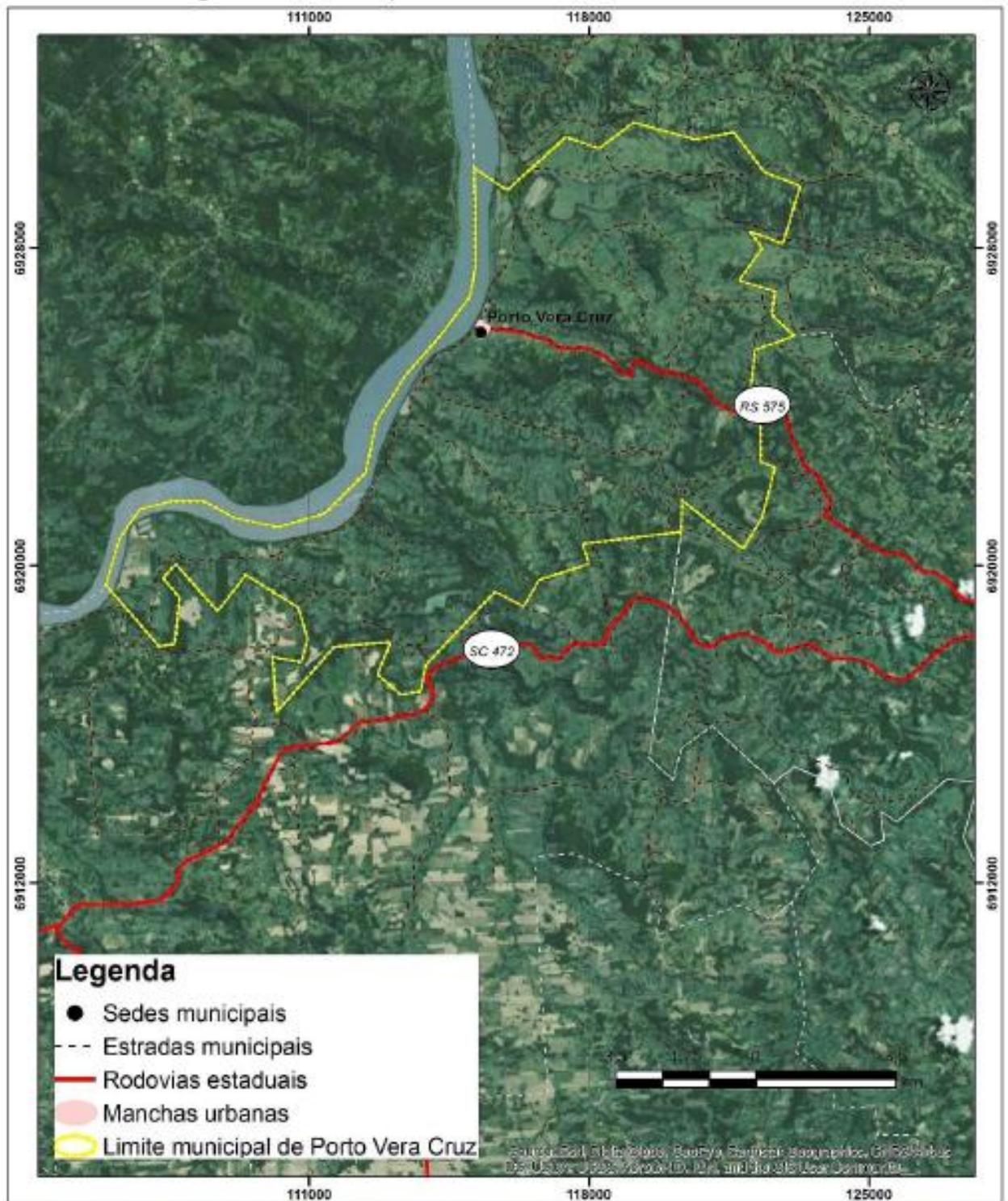


Figura 4-2 – Mapa de Porto Vera Cruz  
 Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Vera Cruz - Imagem: SASB, 2017.

#### **4.1.2. População**

De acordo com dados levantados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população de Porto Vera Cruz é de 1.852 habitantes, valor obtido no Censo Demográfico realizado em 2010, em que 440 habitantes residem na zona urbana e 1412 na zona rural. Atualmente, o IBGE estima que a população do município seja de 1.308 habitantes, para o ano de 2020. Ou seja, o município apresenta uma tendência de decréscimo populacional.

#### **4.1.3. Clima do Município**

O clima do Rio Grande do Sul, segundo Köppen, é do tipo subtropical úmido, sendo dividido em duas classes: Cfa, sempre úmido com verões quentes, e Cfb, sempre úmido com verões amenos (PESSOA, 2017). O município de Porto Vera Cruz encontra-se na classe Cfa, caracterizado por clima subtropical e verões quentes, apresentando temperaturas médias anuais de 18 graus Celsius. A Figura 4-3 , a seguir, apresenta os mapas com a classificação climática de Köppen, a temperatura média anual e a precipitação acumulada anual do estado do Rio Grande do Sul.

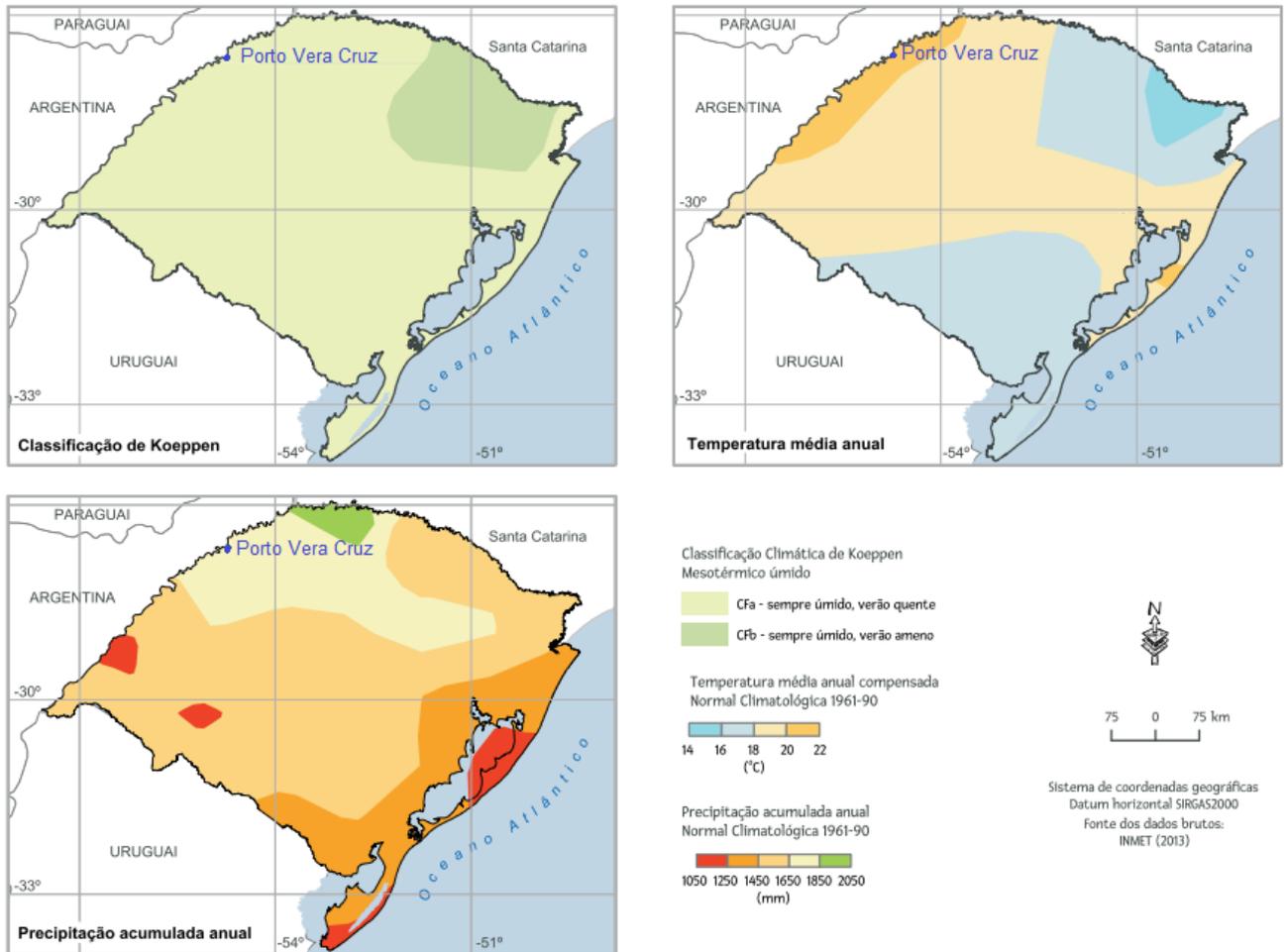


Figura 4-3 - Atlas FEE da Classificação climática de Köppen, da Temperatura média anual e da Precipitação acumulada anual do estado do Rio Grande do Sul.  
 Fonte: Adaptado de PESSOA, M. L. (Org.), 2017.

#### **4.1.4. Situação do Esgotamento Sanitário no Município**

O município de Porto Vera Cruz não possui sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário. Logo, são adotadas soluções individuais de tratamento, mais especificamente fossas e tanques sépticos. Este sistema demanda limpezas periódicas, para evitar que atinjam suas capacidades máximas de volume de lodo armazenado, comprometendo seu funcionamento.

A prefeitura municipal não dispõe de meios adequados para proceder com a limpeza destes sistemas individuais, como também não possui instalações adequadas para o tratamento dos resíduos gerados por essas. A própria população é responsável por proceder com a limpeza das fossas sépticas de suas residências e arcar com a destinação correta dos resíduos retirados. Sendo assim, a limpeza das fossas fica à cargo dos munícipes, mediante contrato com empresas terceirizadas, o que torna este serviço extremamente oneroso. Por isso, os munícipes acabam optando por não proceder corretamente com as limpezas necessárias.

Esse descaso com o tratamento dos resíduos de fossa pode vir a ocasionar problemas ambientais no futuro. O mau funcionamento e a falta de limpeza das fossas podem acarretar infiltração do esgoto no solo, alcançando a água subterrânea. Isto pode comprometer o abastecimento de água potável do município, que é realizado através de poços, bem como trazer outros problemas.

O lodo coletado nas eventuais limpezas realizadas no município necessita ser encaminhado para o Município de Três de Maio/RS, para que possa ter uma destinação correta, visto a falta de estrutura adequada em Porto Vera Cruz. O município de Três de Maio localiza-se a 80 quilômetros de distância, o que torna elevado o custo com o transporte de resíduos de fossa, tornando insustentável essa prática ao longo prazo.

Desta forma, a Prefeitura de Porto Vera Cruz demanda pela implantação de uma estação de tratamento de resíduos de fossas no município, para que possa realizar a correta limpeza das fossas e o tratamento adequado dos resíduos coletados na zona urbana do município, de modo a minimizar os possíveis impactos ambientais relacionados a esta atividade.

## 4.2. Sistemas Individuais com Fossa Séptica

No município de Porto Vera Cruz são utilizados sistemas individuais com fossa séptica e sumidouro. A Lei Municipal Nº 1530/18 exige a execução de adequadas instalações domiciliares de esgotamento sanitário e, visto que não existem redes coletoras coletivas de efluentes domésticos, devem ser implantados sistemas de coleta e tratamento individual. Estes devem ser compostos por fossa séptica, sumidouro e/ou filtro anaeróbico e a disposição final não pode trazer prejuízos ambientais ou problemas de saúde pública.

Sendo assim, do ponto de vista técnico, esta mesma Lei Municipal indica para o dimensionamento do projeto, as seguintes normas da ABNT:

- NBR 7.229/1993: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos;
- NBR 13.969/1997: Tanques sépticos – Unidade de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação.

Na zona urbana do Município de Porto Vera Cruz, todos os domicílios contam com sistemas individuais de coleta de esgoto sanitário, seja ele fossa ou tanque séptico, adequado ou não. Desta forma, de acordo com a demanda do próprio município, o escopo deste trabalho será direcionado para a zona urbana deste.

## 4.3. Estimativa de Volume de Lodo Gerado nos Tanques Sépticos

A NBR 7229 (ABNT, 1993) determina as condições para o projeto, construção e operação de tanques sépticos. Esta norma utiliza a Equação 1 abaixo, para o dimensionamento do volume do tanque séptico.

$$V = 1000 + N * (C * T + K * L_f) \qquad \text{Equação 1}$$

Em que:

*V é o volume do tanque séptico;*

*N é o número de pessoas ou unidades de contribuição;*

*C é a contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (ver Tabela 1)*

*T é o período de detenção, em dias (ver Tabela 2)*

*K é a taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (ver Tabela 3)*

*L<sub>f</sub> é a contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia (ver Tabela 1).*

As tabelas acima citadas, são retiradas da norma e estão apresentadas nas figuras a seguir. A Figura 4-4 apresenta a Tabela 1 da Norma e a Figura 4-5 apresenta as Tabelas 2 e 3 da Norma NBR.

**Tabela 1 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (L<sub>f</sub>) por tipo de prédio e de ocupante**

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e lodo fresco (L <sub>f</sub> )	
		C	L <sub>f</sub>
Unid.: L			
1. Ocupantes permanentes			
- residência padrão alto	pessoa	160	1
- residência padrão médio	pessoa	130	1
- residência padrão baixo	pessoa	100	1
- hotel (exceto lavanderia e cozinha)	pessoa	100	1
- alojamento provisório	pessoa	80	1
2. Ocupantes temporários			
- fábrica em geral	pessoa	70	0,30
- escritório	pessoa	50	0,20
- edifícios públicos ou comerciais	pessoa	50	0,20
- escolas (externatos) e locais de longa permanência	pessoa	50	0,20
- bares	pessoa	6	0,10
- restaurantes e similares	refeição	25	0,10
- cinemas, teatros e locais de curta permanência	lugar	2	0,02
- sanitários públicos <sup>(A)</sup>	bacia sanitária	480	4,0

<sup>(A)</sup> Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Figura 4-4 - Tabela 1 da Norma NBR 7229  
Fonte: NBR 7.229 (ABNT, 1993)

**Tabela 2 - Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária**

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção	
	Dias	Horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Mais que 9000	0,50	12

**Tabela 3 - Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio**

Intervalo entre limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (t), em °C		
	$t \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$t > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Figura 4-5 - Tabelas 2 e 3 da Norma NBR 7229

Fonte: NBR 7.229/93

Tendo como base a NBR citada acima, calcula-se o volume dos tanques sépticos a serem considerados. Será definido o valor obtido como uma estimativa aproximada de volume das fossas sépticas já existentes na zona urbana do município, visto a falta de dados dos sistemas já utilizados. Para tal, foi considerada uma média de 3 ocupantes permanentes em residências de padrão médio. Por segurança, considera-se o menor período de limpeza estabelecido pela norma (1 ano), podendo ser reavaliado posteriormente.

#### 4.4. Caracterização do Lodo das Fossas Sépticas

O dimensionamento correto das unidades constituintes de quaisquer estações de tratamento de esgotos, depende das características do efluente que será tratado. Logo, se faz necessária uma definição das características do efluente a ser tratado.

No município de Porto Vera Cruz não existe um departamento municipal que cuide do sistema de esgotamento sanitário, tampouco existem estudos que caracterizem os efluentes gerados no município. Desta forma, os parâmetros adotados para o dimensionamento das unidades propostas neste estudo foram determinados com base na literatura (ANDREOLI, 2009). Estes parâmetros são

valores médios obtidos pela FAE/SANEPAR em pesquisa para caracterização do lodo de fossas, realizada em Curitiba-PR, e descritas no Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB (ANDREOLI, 2009), conforme já apresentado na revisão bibliográfica.

A Tabela 4-1, abaixo, apresenta os parâmetros adotados para o dimensionamento das unidades que compõe o sistema proposto.

Tabela 4-1 - Parâmetros adotados para o dimensionamento

<b>Variável (unidade)</b>	<b>Valor</b>
Sólidos Totais (mg/L)	12216
Sólidos Totais Voláteis (mg/L)	7891
DBO (mg/L)	2734
DQO (mg/L)	11219
SST (mg/l)	6656
Temperatura média (°C)	18
Densidade do lodo (kg/m <sup>3</sup> )	1020
Operação (h/dia)	8
Capac. Caminhão (m <sup>3</sup> )	15
Vazão de entrada no leito de sec. (m <sup>3</sup> /dia)	15

A limpeza das unidades individuais de cada uma das residências da zona urbana do município é feita através de caminhões tanques. Este lodo é coletado e tratado fora do município, por empresas e profissionais terceirizados.

Neste estudo, sugere-se que a Prefeitura Municipal passe a gerir o tratamento desses resíduos, através de sua própria estação de tratamento, aqui dimensionada. Logo, define-se que o volume coletado pelo caminhão tanque, em cada ciclo de limpezas, é o volume de lodo que será desaguado no sistema proposto. Sendo assim, foi definido um volume médio de capacidade do caminhão de coleta de 15 m<sup>3</sup>. Considerando este volume, define-se que aproximadamente 10 residências possam ser atendidas a cada ciclo de limpeza. Este volume será utilizado para o dimensionamento das unidades constituintes do sistema de tratamento de resíduos de fossa.

Os itens a seguir, neste capítulo, apresentam as alternativas definidas para o tratamento. Da mesma forma, detalham os critérios e a metodologia utilizada em cada uma das unidades.

#### 4.5. Seleção das Tecnologias de Tratamento

Para a composição do sistema de tratamento de resíduos, adotou-se processos de tratamento baseados em sistemas naturais. Com base na revisão bibliográfica realizada, definiu-se que as alternativas baseadas em sistemas naturais são as mais adequadas, visto a sua facilidade de operação, baixo custo e eficiência. Sendo assim, estabeleceu-se a seguinte composição para o sistema de tratamento de resíduos de fossa do município de Porto Vera Cruz: leitos de secagem; lagoa facultativa e área para armazenamento do lodo, visando sua correta disposição posterior. O efluente da lagoa facultativa deverá ser disposto em um corpo hídrico superficial receptor. A Figura 4-6 , abaixo, apresenta um desenho esquemático da composição da estação de tratamento de efluentes adotada.

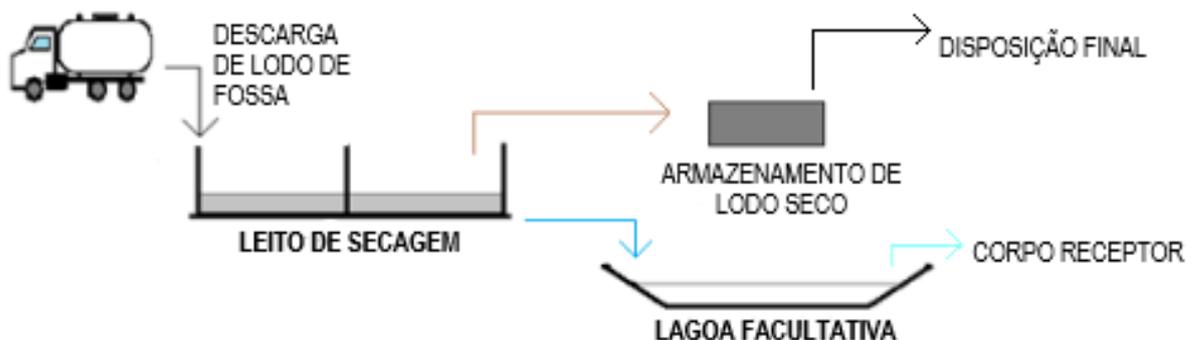


Figura 4-6 - Esquema da alternativa sugerida para o tratamento de resíduos de fossa séptica

Os itens a seguir, detalham os cálculos realizados para o dimensionamento de cada uma das partes constituintes do sistema acima descrito.

#### 4.6. Leito de Secagem

Como previsto pela NBR 12.290 (ABNT, 2011), para dimensionamento de leitos de secagem, deve-se utilizar a produção de lodo. Os leitos de secagem funcionam em

bateladas, ou seja, um ciclo de secagem deve ser completo e o lodo seco removido para que possam ser feitos novos aportes de lodo. Dessa forma, estabeleceu-se o volume de coleta do caminhão tanque, no caso 15 m<sup>3</sup>, como o volume de lodo que aportará na estação a cada ciclo de limpeza e tratamento. De acordo com a estimativa de lodo feita para o volume de cada solução individual, espera-se que o caminhão limpa-fossa realize a limpeza de 10 residências a cada ciclo.

Segundo Tayler (2018), em locais onde não existem dados de taxa de aplicação de sólidos, obtidos por estudos preliminares em plantas-piloto, o método mais recomendado para dimensionamento de leitos de secagem é considerando o volume de lodo a ser depositado e a sua altura sobre o leito. Segundo estudos realizados, a taxa de aplicação de sólidos mostrou-se maior na prática do que as faixas recomendadas na literatura (TAYLER 2018), o que acaba indicando a construção de um número de leitos de secagem maior que o necessário. Este é o método mais simples de dimensionamento, mas garante que todo o lodo coletado pelo caminhão de limpeza tenha espaço para ser depositado no leito, na altura que foi definida. Assim, para determinar a área superficial do leito de secagem, utiliza-se a equação abaixo (TAYLER, 2018):

$$AS = \frac{VL}{h}$$

Em que:

AS = Área superficial necessária, em m<sup>2</sup>;

VL= Volume de lodo entregue na estação, em m<sup>3</sup>;

h = Altura de aplicação do lodo no leito de secagem, em m.

Para o tempo do ciclo de secagem do lodo, foi considerado um período igual a 20 dias, o que pode ser reavaliado posteriormente, de acordo com a eficiência deste na prática. Foi definido um limite de 20 cm de altura de aplicação de lodo no leito de secagem, para maior eficiência no processo de secagem. A inclinação do fundo do leito de secagem foi definida em 2%, superior ao mínimo de 1% recomendado pela NBR 12209 (ABNT, 2011). Por fim, foi adotado um acréscimo de 10% na área calculada, por motivos de segurança.

#### 4.7. Lagoa Facultativa

O dimensionamento das lagoas facultativas depende das características do efluente líquido percolado dos leitos de secagem. Logo, a vazão entrada na lagoa facultativa é igual a vazão de saída do leito de secagem. A vazão de saída do leito de secagem é limitada pela sua capacidade de percolação, sendo assim, a capacidade de percolação do leito foi definida de acordo com a granulometria de sua camada filtrante, nesse caso, a areia média, indicada na NBR. Segundo a NBR 7229 (ABNT, 1993) a capacidade de percolação para areia grossa é superior a 90 L/m<sup>2</sup> x d, logo definiu-se esse valor, 90 L/m<sup>2</sup> x d, como sendo a capacidade de percolação máxima do leito de secagem.

De posse da capacidade de infiltração do leito, pode-se definir a vazão máxima de saída e, juntamente com os valores de eficiência de do leito de secagem, é possível definir os parâmetros do efluente que chega na lagoa facultativa. Os valores de eficiência do processo foram definidos de acordo com os valores indicados dos por Tayler (2018) e Cofie et al. (2006), citados na revisão bibliográfica deste estudo.

Segundo Von Sperling (2009), os principais critérios de projeto para o dimensionamento das lagoas facultativas são: Taxa de aplicação superficial, profundidade, tempo de detenção e geometria (relação comprimento/largura). Os parâmetros utilizados nos projetos de lagoas facultativas são basicamente empíricos, assim, se utilizam valores indicados na literatura, baseados em experiências bem sucedidas realizadas em diferentes regiões do planeta. A área superficial requerida pela lagoa é calculada de acordo com a taxa de aplicação superficial (L<sub>s</sub>), expressa em termos de carga de DBO. Então a área superficial pode ser calculada a partir da seguinte equação (VON SPERLING, 2009):

$$AS = \frac{L}{L_s}$$

Em que:

AS = Área superficial requerida, em ha;

L= Carga de DBO afluente [kgDBO/dia];

Ls = Taxa de aplicação superficial [kgDBO/ha.dia].

A carga de DBO afluente é estimada a partir do percolado do leito de secagem. A taxa de aplicação superficial a ser adotada depende das características do local onde será implantada a lagoa facultativa, variando de acordo com as características climáticas da região. De acordo com Von Sperling (2009), para regiões com invernos e insolação moderados, são indicadas taxas que variam de 120 a 240 kgDBO/ha.dia. Assim, por critérios de segurança, adotou-se o valor mais conservador, de 120 kgDBO/ha.dia, considerando as características do município de Porto Vera Cruz.

A profundidade é outro parâmetro importante para o projeto das lagoas. De acordo com Von Sperling (2009), a faixa mais usual de profundidades a serem adotadas situa-se entre 1,5 m e 2,0 m. Neste projeto, definiu-se com 1,5 a profundidade da lagoa, visto que, lagoas mais rasas permitem maior entrada de radiação UV, o que aumenta as taxas de desinfecção ao longo do tempo de detenção.

O tempo de detenção da lagoa é diretamente associado ao volume da lagoa e a vazão afluente. Desta forma, pode-se calculá-lo usando a seguinte equação (VON SPERLING, 2009):

$$t = \frac{V}{Q}$$

Em que:

t = Tempo de detenção, em dias;

V= Volume da lagoa, em m<sup>3</sup>;

Q = Vazão média afluente, em m<sup>3</sup>/dia.

Assim, definida a profundidade a ser adotada para a lagoa e sua área superficial requerida, calcula-se o seu volume, multiplicando a profundidade pela área superficial. Com o volume obtido, determina-se o tempo de detenção necessário, empregando a fórmula acima indicada. Von Sperling (2009) indica que os tempos de detenção, para lagoas facultativas que tratam efluentes domésticos, variam de 15 a 45 dias.

A relação comprimento/largura influencia no regime hidráulico da lagoa, podendo ser aproximado ao regime de fluxo pistão ou de mistura completa. Lagoas de fluxo pistão, ou seja, com a relação comprimento/largura elevada, tendem a ser mais eficientes em termos de remoção de compostos como a matéria orgânica. Lagoas de regime de mistura completa, que são mais quadradas, são mais indicadas quando é prevista a presença de compostos tóxicos no efluente. Assim, de acordo com Von Sperling (2009), os valores mais frequentes da relação L/B, situam-se na seguinte faixa:

- Relação comprimento / Largura (L/B) = 2 a 4

O desenho das lagoas facultativas a serem dimensionadas nesse estudo, será feito de maneira a respeitar a relação L/B citada acima, mantendo-a dentro desta faixa indicada. Quanto aos valores de eficiência de remoção do tratamento, estes também serão utilizados de acordo com os valores indicados por Von Sperling (2009), já citados na revisão bibliográfica. Assim, a partir de uma estimativa de eficiência da lagoa, será verificado se esta atinge os parâmetros exigidos pela Resolução nº 355 do CONSEMA (2017), que define os critérios de lançamento de efluentes em corpos hídricos.

#### **4.8. Estimativa de Custos para Implantação do Sistema**

Após o dimensionamento das unidades, será realizada uma estimativa aproximada dos valores necessários para a implantação do sistema de tratamento de resíduos de fossa. Serão então avaliados os custos necessários para a construção dos leitos de secagem, bem como os custos da construção das lagoas facultativas. Ainda, serão considerados os custos com a construção de estruturas de apoio, como casa de apoio para os funcionários, banheiros, depósito e outros.

A estimativa de custo dos leitos de secagem propostos foi feita com base em um projeto similar licitado pela Companhia Riograndense de Saneamento (CORSAN). Para tal, foi utilizado o orçamento do Edital de Concorrência de nº 004/16 da CORSAN referente à execução de leito de secagem no município de Passo Fundo/RS. Neste

edital, são apresentados todos os custos relacionados a execução da obra de construção do leito de secagem, desde os serviços preliminares, projeto executivo, até os materiais utilizados. Então, dividiu-se o valor total do orçamento pela área do leito de secagem, obtendo-se um custo por metro quadrado. Por tratar-se de um edital antigo, com orçamento realizado com base em valores para o ano de 2015, será considerada uma inflação de 10,67% para o período. O orçamento utilizado considera os benefícios e despesas indiretas (BDI), definidos em 24%. Os valores utilizados e os resultados obtidos estão descritos no item 5.7.

As estimativas de custos relativos à construção das lagoas facultativas foram calculadas baseadas na planilha de preços unitários da CORSAN, que tem como base nos valores fornecidos pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2020). Para construção, considerou-se a utilização de uma geomembrana de impermeabilização e uma borda livre de 50 cm, além da profundidade de 1,5 metros. Os valores considerados para essa estimativa encontram-se no apêndice.

Os custos para a obtenção da área para a construção do sistema não foram considerados, visto a existência de espaços adequados no município e considerando que a Prefeitura Municipal de Porto Vera Cruz dispõe de locais para a possível instalação do sistema.

Finalmente, foi realizado uma estimativa dos custos para o licenciamento ambiental do empreendimento, tendo como base os valores praticados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), para o ano de 2020. Para tal, foram considerados os valores das licenças de uma estação de tratamento de esgotos de pequeno porte, para licença prévia, licença de instalação e licença de operação.

#### **4.9. Mão de Obra Necessária e Custos de Operação**

Para operação da estação de tratamento de resíduos de fossa proposta, foi considerada a necessidade de 2 funcionários, sendo estes responsáveis pela operação e manutenção dos leitos de secagem e das lagoas facultativas. Para a

supervisão da operação, considerou-se que essa pode ser realizada por um engenheiro da própria prefeitura do município, não necessitando de contratação de profissional especializado para tal tarefa. Os valores utilizados como referência foram retirados da tabela salarial da CORSAN, número 30/2018, em apêndice, considerando dois empregados do grupo B, classe e nível 1. Ainda, serão consideradas despesas com encargos sociais, como 13º salário, férias (1/3 do salário), vale alimentação, impostos (37% do salário) e adicional de insalubridade, de 40% do menor salário da tabela já citada.

Para a estimativa dos custos relacionados as limpezas das fossas, considerou-se valores extraídos da planilha de custos do SINAPI, para o ano de 2020, para o caminhão de limpeza por sucção e o operador, códigos 92106 e 88248, respectivamente, que se encontram em apêndice. Considerando a operação de 8 horas diárias e estimando a limpeza de 10 domicílios por dia, pode-se calcular o valor total gasto com as limpezas, a partir do número total de domicílios e dias necessários para atendimento total desses. Caso a prefeitura opte por realizar o serviço de limpezas por conta própria, sem contratação de empresa terceirizada, um dos funcionários do sistema de tratamento de resíduos, pode ser destacado para acompanhar os serviços de limpezas das fossas. E, ainda, deverá ser considerada a compra de um caminhão tanque adequado, do tipo “limpa-fossas”, para a realização dos serviços.

De posse do valor total necessário para a realização das limpezas das fossas da zona urbana do município, sugere-se que se estabeleça uma tarifa a ser cobrada por domicílio, visto que tal medida é prevista na Lei Municipal Nº 1.530, de 2018. Assim, de forma simplificada, divide-se o valor total anual das limpezas pelo número de residências a serem atendidas, podendo então calcular um valor para uma taxa mensal a ser cobrada pela prefeitura, relativa aos serviços de limpeza de fossas. Este valor pode ser revisto e modificado, devido a futuras alterações na periodicidade das limpezas, assim como mudanças nos custos de execução dos serviços.

Após a secagem do lodo, este deve ser corretamente destinado. Para estimar os custos de disposição, foram analisados editais de projetos similares da CORSAN. Foram analisados os editais 0150/2019, 0255/2019 e 0020/2020, todos referentes à registro de preços para contratação de serviços de coleta, carregamento, transporte e

destinação de lodos. Assim, foi calculada uma média dos valores praticados, então, com a estimativa de volume de lodo seco gerado em Porto Vera Cruz, pode-se estimar os custos com sua disposição final adequada.

Para a disposição final do efluente das lagoas facultativas no corpo hídrico receptor, são necessárias a realização de análises laboratoriais, a fim de verificar o atendimento aos valores de concentração estabelecida na legislação. Os principais parâmetros exigidos pela CONSEMA 355 são: DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, coliformes termotolerantes, nitrogênio amoniacal e fósforo total. Considerou-se a realização de análises mensais nas duas lagoas facultativas, sendo então necessárias 2 análises por mês de cada um dos parâmetros citados, para as lagoas. Também, serão consideradas 2 amostras mensais para o corpo receptor, a montante e a jusante, para monitorar os efeitos do lançamento, com a finalidade de evitar possíveis impactos ambientais. A estimativa de custos referente à estas análises foram obtidas por meio de consulta de preços em 3 diferentes laboratórios de análise ambiental cadastrados pela FEPAM.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

A partir da metodologia proposta, foi realizado o dimensionamento das unidades constituintes do sistema de tratamento de resíduos de fossa proposto, assim como foram definidas a mão-de-obra necessária e a estimativa dos custos necessários para sua implantação e operação. Os resultados obtidos estão descritos nos itens a seguir.

### **5.1. Justificativa da Escolha dos Tipos de Tratamento**

Os sistemas naturais de tratamento de esgotos são definidos assim por basearem-se em processos regulados por fatores dependentes do clima para o tratamento dos efluentes, ou seja, são processos naturais. Esses não dependem do uso de fontes de energia e nem de equipamentos mecânicos para que ocorram. Suas principais vantagens, quando comparados a sistemas convencionais, são a simplicidade operacional, baixo custo de implantação e o baixo ou nulo consumo de energia e produtos químicos. Como principal desvantagem, necessitam de grandes áreas para sua implantação. Devido a esse fato, podem ser impraticáveis em grandes centros urbanos, mas são uma interessante alternativa em municípios de pequeno porte.

Neste estudo sugere-se a adoção de leitos de secagem para a etapa de separação-sólido líquido do tratamento e, para o tratamento da fase líquida, é indicado a utilização de lagoas facultativas. Como apontado na revisão bibliográfica, tanto os leitos de secagem, quanto as lagoas facultativas, são sistemas de tratamento já consolidados e bastante utilizados em estações de tratamento existentes. O fato do município de Porto Vera Cruz ser pouco populoso e dispor de áreas extensas para a implantação do sistema de tratamento, faz com este sistema seja adequado a realidade do município.

O lodo a ser tratado já é previamente digerido nas fossas sépticas adotadas na zona urbana do município, o que facilita a escolha pelos leitos de secagem, que se mostram eficientes para este tipo de lodo. A eficiência das lagoas facultativas, descrita na revisão da literatura, é adequada ao efluente líquido gerado pelos leitos de secagem, justificando a adoção desse sistema de tratamento. Como visto nos

resultados obtidos, a eficiência estimada para esse sistema mostra-se satisfatória para os parâmetros exigidos por lei.

Por fim, a simplicidade operacional, os baixos custos de implementação, manutenção e a eficiência prevista, fazem com que esse sistema seja factível e apropriado de ser implementado pela prefeitura municipal.

## 5.2. Estimativa de Volume de Lodo Produzido

A Tabela 5-1 abaixo apresenta os valores utilizados para o dimensionamento do tanque, assim como o volume obtido.

Tabela 5-1 - Dimensionamento do tanque séptico

Variável	Valor	Unidade
N	3	-
C	130	litro/pessoa x dia
T	1	dias
K	65	-
Lf	1	litro/pessoa x dia
V	1585,0	Litros

De acordo com a NBR 7229 (ABNT,1993), pode-se determinar o percentual de lodo a ser removido em cada unidade, visto que a norma sugere que aproximadamente 10% do volume de lodo deve ser mantido no interior do tanque. Sendo assim, tendo a estimativa de volume de lodo gerado, assim como o percentual a ser removido, pode-se prosseguir com o dimensionamento das unidades constituintes da estação de tratamento de efluentes propostas neste estudo. A Tabela 5-2, a seguir indica o volume de lodo a ser removido por unidade.

Tabela 5-2 - Volume de Lodo por unidade de fossa séptica

Volume por Tanque	Valor	Unidade
Volume Gerado	1,6	m <sup>3</sup> /ano
Volume Removido (90%)	<b>1,4</b>	m <sup>3</sup> /ano

### 5.3. Leitos de Secagem

A Tabela 5-3, a seguir, demonstra os valores obtidos no dimensionamento do leito de secagem.

Tabela 5-3 - Dimensionamento da área superficial do leito de secagem

<b>Leito de Secagem</b>	
Volume de Lodo por Domicílio (m <sup>3</sup> )	1,4
Nº de domicílios	180
Vol. Total Lodo (m <sup>3</sup> /ano)	252
Vazão (Caminhão) m <sup>3</sup> /dia	15
Nível máximo de operação (m)	<b>0,20</b>
Tempo total de ciclo (dias)	<b>20,00</b>
Área superficial requerida (m <sup>2</sup> )	75,00
Área superficial considerando fator de segurança (m <sup>2</sup> )	<b>82,50</b>
Largura (m)	5
Comprimento (m)	16,5

Segundo a NBR 12.209 (ABNT, 2011), os leitos de secagem devem ser divididos em pelo menos duas unidades, pois o fato de existir no sistema mais de uma unidade, proporciona uma maior flexibilidade para a operação de secagem. Desta forma, sugere-se a construção de dois leitos de secagem adjacentes, com as mesmas dimensões, com paredes divisórias compartilhadas, para que se tenha flexibilidade operacional, ou seja, e caso de manutenções ou outros problemas, o uso de um dos leitos pode ser interrompido, enquanto outro permanece funcionando.

Assim, com dois leitos de igual capacidade, 82,5 m<sup>2</sup> de área superficial, um ciclo de limpeza pode ser iniciado em um dos leitos, sem precisar que o ciclo do primeiro leito esteja completo. Com isso, a operação dos leitos terá maior flexibilidade, podendo se realizar mais ciclos de limpezas de fossas. Outra vantagem da utilização de dois leitos é poder proceder com a remoção do lodo seco de um leito, enquanto o outro segue na sua operação de secagem, facilitando a operação e a organização dos ciclos de coleta.

Os valores de eficiência do processo foram obtidos da literatura, sendo os mesmos indicados por Tayler (2018) e Cofie et al. (2006), esses valores considerados, estão descritos na Tabela 5-4. A Tabela 5-5, indica os valores de saída do leito de secagem, necessários para o dimensionamento da unidade subsequente do

processo, no caso, a lagoa facultativa. Por fim, a Tabela 5-6 indica as estimativas de geração de resíduos pelos leitos de secagem.

Tabela 5-4 - Valores de eficiência do leito de secagem

<b>Eficiência do Leito de Secagem</b>	
Capacidade máx. de percolação (L/dia)	7425,0
Capacidade máx. percolação diária (m <sup>3</sup> /dia)	7,4
Teor de sólidos final do lodo (%)	25%
Taxa de secagem por percolação (%)	65%
Taxa de secagem por evaporação (%)	35%
Remoção de SST (fase líquida) (%)	95%
Remoção de DBO (fase líquida) (%)	88%
Remoção de DQO (fase líquida) (%)	85%

Tabela 5-5 - Saídas do leito de secagem

<b>Corrente de Saída do Leito de Secagem</b>	
Vazão (percolação máx. possível) (m <sup>3</sup> /dia)	7,4
DBO (mg/L)	328,1
DQO (mg/l)	1682,8
SST (mg/L)	332,8
Carga de sólidos (kg ST/ciclo)	183,2
Carga orgânica (DBO) (kg DBO/ciclo)	41

Tabela 5-6 - Estimativa de geração de resíduos

<b>Geração de Resíduos</b>	
Massa de lodo removido por ano (kg/ano)	65476,3
Volume de lodo removido por ano (m <sup>3</sup> /ano)	<b>64,2</b>
Volume de água removido (m <sup>3</sup> /ano)	<b>61</b>

#### 5.4. Lagoa Facultativa

A Tabela 5-7 indica os valores dos parâmetros de entrada da lagoa facultativa, referentes as características do efluente dos leitos de secagem. A taxa de aplicação superficial utilizada também está indicada.

Tabela 5-7 - Corrente de entrada da lagoa facultativa

<b>Lagoa Facultativa: Entradas</b>	
Vazão média (m <sup>3</sup> /dia)	7,4
DBO (mg/l)	328,1
Carga de DBO (kg/dia)	2,4
SST (mg/l)	332,8
DQO (mg/l)	1346,3
Taxa de aplicação superficial (kgDBO/ha.dia)	<b>120</b>

Com base nas características do líquido afluente, foram determinadas as dimensões da lagoa facultativa, utilizando a metodologia já indicada. A Tabela 5-8, apresenta os valores obtidos para o dimensionamento da lagoa.

Tabela 5-8 - Dimensionamento da lagoa facultativa

<b>Lagoa Facultativa: Dimensionamento</b>	
Área superficial (ha)	0,0203
Área superficial (m <sup>2</sup> )	<b>203</b>
Comprimento (m)	27,1
Largura (m)	7,5
Relação comprimento/largura	3,6
Profundidade (m)	1,5
Volume (m <sup>3</sup> )	304,5
Tempo de detenção (dias)	<b>41</b>

Da mesma forma que foi sugerida a construção de dois leitos de secagem, sugere-se também a construção de duas lagoas facultativas, de modo a proporcionar maior flexibilidade de operação e organização dos ciclos de tratamento. Duas lagoas também trazem maior segurança ao processo, visto que manutenções podem ser

necessárias, assim, no caso de uma lagoa ser interrompida, a outra pode continuar em operação, não prejudicando o funcionamento do sistema de tratamento.

Os valores de eficiência de remoção da lagoa facultativa foram definidos de acordo com os valores sugeridos por Von Sperling (2009). A partir desses valores, foram estimadas as características do efluente das lagoas, de modo a verificar se este se enquadra dentro dos parâmetros previstos em lei, para que possa ser descartado em um corpo receptor, ou reutilizado, de acordo com o que prefeitura municipal venha a definir no futuro. A Tabela 5-9 apresenta os valores de eficiência utilizados. A Tabela 5-10 indica os parâmetros estimados do efluente gerado pelas lagoas.

Tabela 5-9 - Estimativas de eficiência da lagoa facultativa

<b>Eficiência do tratamento</b>	
Remoção de DBO (%)	80%
Remoção de SST (%)	75%
Remoção de DQO (%)	80%
Remoção de Coliformes	90 - 99%

Tabela 5-10 - Corrente de saída da lagoa facultativa

<b>Lagoa Facultativa: Saídas</b>	
Vazão (m <sup>3</sup> /dia)	7,4
SST (mg/l)	<b>83,2</b>
DBO (mg/l)	65,6
DQO (mg/l)	<b>269,3</b>

As lagoas facultativas geram um número significativo de algas, que pode vir a ocasionar problemas no corpo receptor. É estimado que 1 mg/L de algas resulte em uma DBO de aproximadamente 0,45 mg/l. De acordo com Von Sperling (2009), considera-se que composição dos SST do efluente final da lagoa seja de 60% a 90% feita de algas. Assim, cada 1 mg de SS no efluente da lagoa tem o potencial de produzir de 0,3 a 0,4 mg de DBO5 (MARA, 1995 apud VON SPERLING, 2009). A Tabela 5-11, a seguir, apresenta a estimativa de DBO total no efluente das lagoas.

Tabela 5-11 - Estimativa da DBO gerada por algas

<b>Demanda de Oxigênio - Algas</b>	
DBO (mg/l)	65,6
DBO Gerada por Algas (SST) (mg/l)	33,3
<b>DBO Total (mg/l)</b>	<b>98,9</b>

No Rio Grande do Sul, a Resolução de nº 355 do CONSEMA, dispõe sobre os critérios de emissão de efluentes líquidos em águas superficiais. Essa Resolução define diferentes parâmetros de lançamento, de acordo com o tipo de fonte geradora, estabelecendo diferentes critérios para efluentes líquidos industriais e sanitários. Para efluentes líquidos sanitários, são exigidos os seguintes parâmetros, apresentados na Tabela 5-12, a seguir:

“II –Para efluentes líquidos sanitários, os parâmetros DBO<sub>5</sub>, DQO, Sólidos Suspensos Totais (SST) e Coliformes Termotolerantes devem atender aos valores de concentração estabelecidos ou a eficiência mínima fixada, conforme as faixas de vazão abaixo referidas:”

Tabela 5-12 - Parâmetros exigidos pela CONSEMA 355

Faixa de vazão do efluente (m <sup>3</sup> /d)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	Coliformes Termotolerantes	
				NMP/ 100 ml	Eficiência
(1) Q < 200	120	330	140	-	-
(2) 200 ≤ Q < 500	100	300	100	106	90%
(3) 500 ≤ Q < 1.000	80	260	80	105	95%
(4) 1.000 ≤ Q < 2.000	70	200	70	105	95%
(5) 2.000 ≤ Q < 10.000	60	180	60	104	95%
(6) 10.000 ≤ Q	40	150	50	103	95%

Fonte: CONSEMA, 2017.

Dessa forma, os resultados obtidos pela lagoa facultativa se enquadram dentro dos limites exigidos pela legislação, faixa de vazão (1) na tabela acima, não sendo necessária a adoção de um sistema complementar de tratamento. Ainda, o órgão ambiental competente poderá exigir padrões para os parâmetros fósforo e nitrogênio amoniacal, quando houver registro de floração de cianobactérias no corpo receptor em questão, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público. Esses padrões deverão ser avaliados em conformidade com a CONSEMA 355, dependendo do corpo receptor a ser definido como destino do efluente das lagoas facultativas.

Por fim, fez-se uma estimativa da produção de lodos pelas lagoas facultativas. De acordo com a literatura consultada, estima-se que o acúmulo de lodo pelas lagoas varia na faixa de 0,03 a 0,08 m<sup>3</sup>/hab. ano (ARCEIVALA, 1981 apud VON SPERLING, 2009). Assim, adotou-se o valor de 0,5 m<sup>3</sup>/hab. ano, e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 5-13:

Tabela 5-13 - Estimativa de geração de lodo da lagoa facultativa

<b>Geração de Sólidos</b>	
Volume de lodo removido (m <sup>3</sup> /ano)	<b>23</b>
Acréscimo de Altura (m/ano)	0,11

## 5.5. Considerações Operacionais e Construtivas

Nos subitens a seguir, serão apontados critérios e considerações a acerca da operação, manutenção e construção dos leitos de secagem e das lagoas facultativas. Essas considerações são feitas de modo a indicar a correta operação dos sistemas, objetivando seu correto funcionamento.

### 5.5.1. Leito de Secagem

A operação dos leitos de secagem é relativamente simples, consistindo, basicamente em despejar o lodo proveniente das fossas e aguardar o tempo estabelecido necessário para a secagem. Completo o período estabelecido para o ciclo de secagem, o lodo seco deve ser removido, para que então uma nova carga possa ser despejada e seca. Porém, para que a operação e a manutenção dos leitos de secagem ocorram de maneira adequada, são necessários operadores capacitados para tal, de modo a garantir o funcionamento ideal do sistema.

A entrada do lodo no leito de secagem deve ser feita através da descarga do lodo em queda livre, sobre uma placa de proteção da superfície da camada de areia, conforme recomendado pela NBR 12.209 (ABNT, 2011). A placa de proteção é utilizada para que não sejam feitos “buracos” na camada filtrante, visto a velocidade em que o lodo é despejado pelo caminhão.

Para evitar o entupimento das camadas do leito, devido as partículas do lodo que são drenadas, deve ser feita uma distribuição correta do tamanho do diâmetro

das camadas constituintes. A NBR 12.209 (ABNT, 2011) indica que o leito deve ser composto por três camadas de brita e uma camada superior de areia. A camada inferior (camada suporte) deve ser constituída de pedra de mão ou brita, a camada intermediária constituída por brita 3 e 4, com espessura de 10 cm a 30 cm, e a superior de brita 1 e 2, com espessura de 10 cm a 15 cm. A camada de areia deve possuir uma espessura de 5 cm a 15 cm e ter um diâmetro efetivo de 0,3 mm a 1,2 mm.

A camada superior do leito, composta de areia, vai diminuindo sua espessura com o as limpezas, devido a quantidade de areia que é removida junto ao lodo seco. Dessa forma, a areia deve ser reposta, sempre que preciso, de maneira a manter a espessura da camada prevista no projeto. Ainda, pode ser avaliada a colocação de tijolos recozidos ou outros elementos resistentes a remoção do lodo, sobre a camada de areia, para que se evite sua remoção, como recomendado pela NBR 12.209 (ABNT, 2011). No caso da adoção dessas estruturas, elas devem ser posicionadas de modo a manter juntas de 2 cm a 3 cm, não comprometendo a área disponível para secagem.

O lodo seco deverá ser removido manualmente, com auxílio de pás e carrinhos de mão, sendo armazenado em local adequado para posterior disposição final em aterro sanitário. Caso a prefeitura venha optar por alguma alternativa de reutilização do lodo seco, este deve ser submetido a um tratamento adequado, para a remoção de organismos patogênicos. Como citado, o lodo, mesmo seco, ainda possui substâncias patogênicas, e por isso os trabalhadores responsáveis por sua remoção devem estar devidamente equipados com equipamentos de proteção individual, como botas, luvas e roupas adequadas (TILLEY et al., 2014). Devem ser previstas na construção dos leitos de secagem rampas de acesso, para que se facilite o acesso ao leito para limpeza e a remoção do lodo.

Outro aspecto construtivo a ser considerado, futuramente, dependendo dos fatores climáticos, é a construção de coberturas sobre os leitos, essa só deverá ser executada caso a quantidade de chuvas inviabilize a utilização dos leitos. A cobertura sobre os leitos de secagem permite que estes sejam usados independentemente da ocorrência de chuvas, mantendo seu desempenho de secagem (TAYLER, 2018). A cobertura a ser adotada, se necessária, deverá ser transparente, manter as laterais abertas de modo a permitir ventilação adequada, e deverá ser configurada de modo a

direcionar a água da chuva para longe dos leitos.

### **5.5.2. Lagoa Facultativa**

O local de implantação da lagoa facultativa deve atender alguns critérios que facilitem sua operação e manutenção. Segundo Von Sperling (2009), as principais características que tornam a área favorável para a implantação da lagoa são: disponibilidade de área (tamanho), proximidade do corpo receptor, distância de zonas residenciais, facilidade de acesso, topografia plana, ventilação suficiente, entre outros.

Diferentemente dos leitos de secagem, que são construídos em concreto, as lagoas facultativas são construídas através de escavações, remoção de camadas do solo, terraplanagem e construção de taludes, além da instalação das tubulações de entrada e de saída. Sendo assim, deve haver atenção quanto a permeabilidade do solo do fundo da lagoa, de modo a evitar a infiltração de esgotos e a contaminação de águas subterrâneas. Solos argilosos são os mais adequados para o fundo das lagoas, mas caso o solo não seja adequado, algumas medidas podem ser tomadas, através de ações de impermeabilização. Segundo Jordão e Pessoa (2014), a redução da permeabilidade do solo pode ser obtida com a colocação de uma camada de argila compactada, com revestimento asfáltico ou com o uso de geomembranas plásticas. Nesse caso, a solução a ser adotada deve ser a mais viável do ponto de vista econômico do projeto.

O início da operação das lagoas começa com um carregamento inicial, que deve ser feito com o enchimento da lagoa com água bombeada de algum corpo hídrico vizinho, preferencialmente atingindo 1m de altura de lâmina d'água. Então, a partir disso, o esgoto deve ser introduzido, até que se atinja a lâmina prevista no projeto (CETESB 1989 apud VON SPERLING, 2009). Dessa forma, se evita o crescimento de vegetação, que pode ocorrer em virtude da uma baixa lâmina de água, e se permite verificar a existência de algum problema de impermeabilidade do sistema, antes do despejo dos efluentes a serem tratados.

A partir do início do funcionamento das lagoas, os procedimentos operacionais e de manutenção são simples. Entretanto, existem procedimentos de rotina que

devem ser devidamente executados, para que não ocorram problemas ambientais e não seja comprometida a eficiência do processo (VON SPERLING, 2009). Como operações de rotina, destacam-se as operações de amostragem, para análise dos parâmetros exigidos na legislação, inspeções em geral, monitoramento e controle do nível de profundidade. Ou seja, são basicamente serviços de conservação do sistema em geral. Além disso, os dados obtidos devem ser tratados e armazenados, de forma a serem utilizados no acompanhamento do funcionamento e da eficiência das lagoas.

A lagoa facultativa gera uma quantidade pequena de lodo ao longo dos ciclos de tratamento, porém, apesar de baixa, essa camada formada deve ser retirada, de modo a não diminuir a altura útil da lagoa, o que pode comprometer sua eficiência. Esse pode ser removido por sucção ou mecanicamente, nesse caso, a lagoa deverá ser esvaziada. O lodo gerado na lagoa, caso não atinja o teor de sólidos desejado, pode ser removido e disposto nos leitos de secagem (DIOGO, 2019). Este volume de lodo, como estimado, é mínimo frente ao volume de lodo recebido pelos leitos, assim, não comprometerá o funcionamento dos leitos de secagem.

## 5.6. Configuração Final do Sistema Proposto

Com base nos resultados obtidos e nas considerações acerca dos critérios construtivos, tem-se a configuração final do sistema de tratamento de resíduos de fossa séptica apresentado e dimensionado nesse estudo. A Figura 5-1 apresenta um desenho esquemático da configuração final do sistema de proposto, composto por dois leitos de secagem e duas lagoas facultativas.

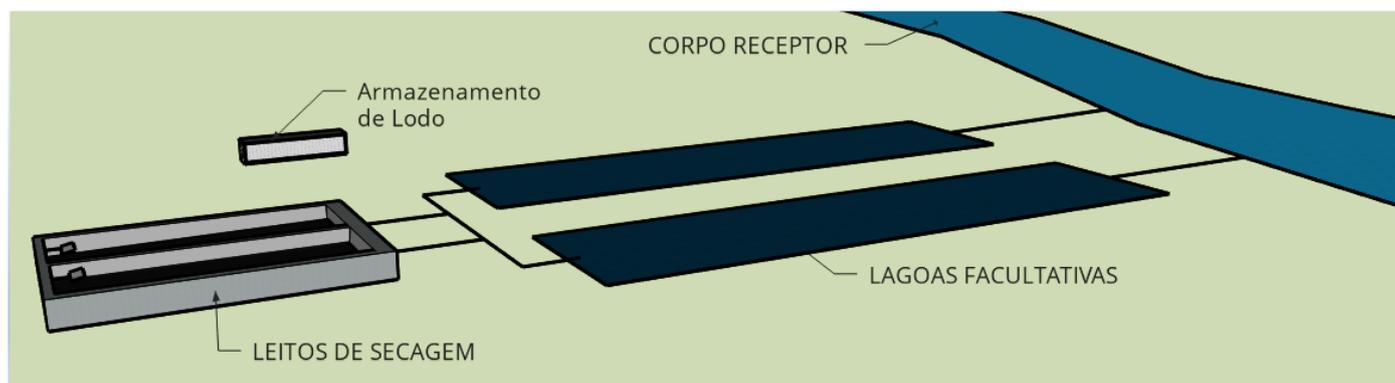


Figura 5-1 - Desenho esquemático da configuração final da Sistema de Tratamento

A Figura 5-2, a seguir, apresenta um fluxograma indicando as etapas que compõe a proposta de gerenciamento dos resíduos de fossa séptica no município de Porto Vera Cruz, considerando a coleta, o tratamento e a disposição final.

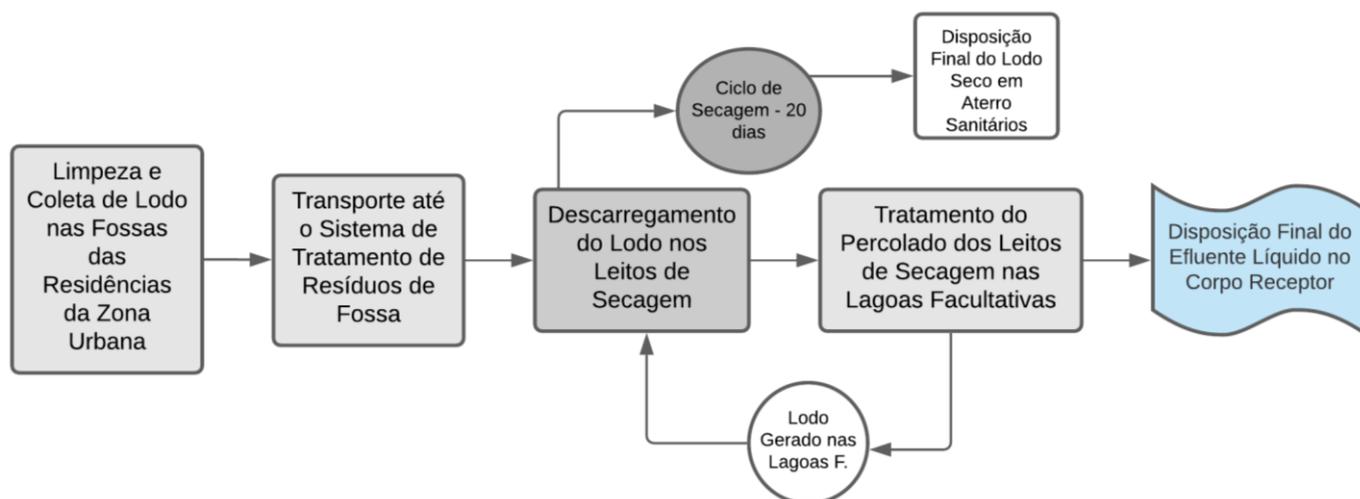


Figura 5-2 - Fluxograma do Gerenciamento dos Resíduos de Fossa

## 5.7. Estimativa de Custos

### 5.7.1. Custos Estimados para Implantação

Para os leitos de secagem, os valores estimados para a implantação estão apresentados na Tabela 5-14, abaixo:

Tabela 5-14- Estimativa dos custos de implantação dos leitos de secagem

<b>Estimativa de Custos dos Leitos de Secagem</b>	
Custo leito de secagem Passo Fundo (CORSAN,2016)	R\$ 228.881,82
Custo corrigido pela inflação (10,67%)	R\$ 253.303,51
Área do leito de secagem Passo Fundo (m <sup>2</sup> )	624
Custo por m <sup>2</sup>	<b>R\$ 405,94</b>
Área do leito proposto para Porto Vera Cruz (m <sup>2</sup> )	165
Estimativa de Custo de Implantação	<b>R\$ 66.979,29</b>

Devido ao fato de se escalonar o preço de um valor maior para um menor, acaba que a economia de escala pode ser perdida. Dessa forma, os valores obtidos para a execução dos leitos de secagem podem ser menores do que na prática. Assim,

é importante ressaltar, que os valores aqui obtidos são estimativas, podendo sofrer variações no momento da aplicação.

Os valores utilizados para a estimativa dos custos de implantação da lagoa facultativa estão apresentados nos apêndices deste trabalho. Como custo total, o valor estimado para a implantação das lagoas foi de **R\$ 53.556,41**. O custo elevado da construção das lagoas se dá pelo uso das geomembranas de impermeabilização. Dependendo das características do solo do local escolhido para a construção, este valor pode ser diminuído, utilizando apenas argila compactada para a impermeabilização (VON SPERLING, 2009). Da mesma forma, dependendo das características geotécnicas do local, os custos com a escavação e movimentação do solo pode sofrer alterações.

É necessário, para a operação do sistema, a construção de uma estrutura de apoio para os funcionários. Esta estrutura, pode ser simples, composta por depósito, banheiro, cozinha e escritório. Para tal, foi estimado um valor de **R\$ 30.000,00**, este que pode variar, dependendo da execução do projeto.

Os custos referentes ao licenciamento ambiental do sistema proposto, de acordo com a FEPAM, estão apresentados na Tabela 5-15 , abaixo:

Tabela 5-15 - Valores para licenciamento ambiental

<b>Valores Para Serviços de Licenciamento Ambiental</b>	
Porte	Pequeno
Potencial Poluidor	Médio
Licença Prévia	R\$ 1.301,07
Licença de Instalação	R\$ 2.218,38
Licença de Operação	R\$ 1.561,75
<b>Valor Total Licenças</b>	<b>R\$ 5.081,20</b>
<b>Valor Estimado Serviço de Licenciamento</b>	<b>R\$ 10.000,00</b>
<b>Valor Total</b>	<b>R\$ 15.081,20</b>

Fonte: FEPAM, 2020.

Sendo assim, considerando os valores obtidos para os leitos de secagem, lagoas facultativas e licenciamento, o valor total estimado para a implantação do sistema proposto foi de **R\$ 165.616, 90**. Cabe destacar que, os valores aqui obtidos são apenas uma estimativa, devido ao enfoque do estudo apresentado neste trabalho ser a proposição de uma alternativa de gerenciamento dos resíduos de fossa.

### 5.7.2. Custos Estimados para Limpezas

Para a estimativa dos custos relacionados as limpezas das fossas, considerou-se o valor, por hora, de R\$ 173,46 para o caminhão de limpeza por sucção das fossas e, o valor de R\$ 15,05 para o operador, valores extraídos da planilha de custos do SINAPI (2020). Assim, chegou-se ao valor de **R\$ 188,51** reais de custo por hora.

Os custos estimados para as limpezas, considerando o período de um ano, estão descritos na Tabela 5-16 , abaixo:

Tabela 5-16 - Custos estimados para limpeza das fossas

<b>Custos da Operação de Limpeza</b>	
Número de domicílios (zona urbana)	180
Domicílios atendidos por dia	10
Total de dias necessários	18
Horas por dia	8
Total de horas	144
Custo por hora (SINAPI, 2020)	R\$ 188,51
Custo total das limpezas (anual)	<b>R\$ 27.145,44</b>

A Lei Municipal Nº 1.530/18, art. 34, define a possibilidade de cobrança por serviços de esgotamento sanitários, então existe a possibilidade de instituir a cobrança de uma taxa para viabilizar as operações de limpeza. De acordo com os custos estimados para a operação das limpezas das fossas, é sugerida uma taxa mensal para os domicílios, referente ao custo das limpezas anuais das fossas sépticas (Tabela 5-17). Cabe ressaltar que, a decisão de instituir a taxa e de como proceder com este processo fica à cargo da prefeitura municipal, sendo que esta pode optar por realizar os serviços de limpeza, bem como pode contratar uma empresa especializada para tal.

Tabela 5-17 - Sugestão de taxa para serviços de limpeza

<b>Sugestão de Taxa para Serviços de Limpeza</b>	
Custo total das limpezas (anual)	R\$ 27.145,44
Número de domicílios	180
Valor por domicílio (anual)	R\$ 150,81
Valor por domicílio (mensal)	<b>R\$ 12,57</b>

No caso de a prefeitura optar pela realização própria dos serviços de esgotamento das fossas, deverá ser realizada a aquisição de um caminhão equipado com tanque e equipamento de limpeza de fossas, comumente chamados de “limpa-fossas”. Assim, estima-se um valor médio de R\$ 300.000,00 para a aquisição do veículo. Para sua utilização, está deverá estar devidamente licenciado junto à FEPAM, conforme previsto na Portaria Nº 67/2017, que dispõe sobre a coleta, o transporte e a destinação de resíduos oriundos do esgotamento sanitário.

### 5.7.3. Custos Estimados para Operação

Os custos relativos à mão de obra necessária para a operação do sistema proposto estão descritos na Tabela 5-18, a seguir.

Tabela 5-18 - Salários operadores

<b>Custos com Salários</b>	
Custos Salários	R\$ 3.856,45
Funcionários	2
Total Mensal	<b>R\$ 7.712,90</b>
Total Anual (+ Férias e 13º)	<b>R\$ 101.607,22</b>

Os custos estimados para a destinação do lodo seco produzido estão apresentados a seguir, na Tabela 5-19:

Tabela 5-19 - Estimativa de custos para destinação do lodo seco

<b>Custos para destinação do lodo seco</b>	
Edital 0150/2019	R\$ 303,30
Edital 0255/2019	R\$ 288,42
Edital 0020/2020	R\$ 279,20
Valor médio	<b>R\$ 290,31</b>
Volume de lodo removido por ano (m³/ano)	64,19
Estimativa de custo anual para destinação	R\$ 18.634,78
Estimativa de custo mensal para destinação	<b>R\$ 1.552,89</b>

Os custos obtidos através dos editais da CORSAN, referem-se à coleta, carregamento, transporte e destinação dos lodos. Sendo assim, estando prevista a remoção dos lodos secos pelos operadores do sistema de tratamento em Porto Vera Cruz, estes custos podem ser reduzidos, resumindo-se apenas em transporte e destinação final.

Os custos obtidos para as análises mensais das características do efluente das lagoas de, aproximadamente, R\$ 251,77. Considerando uma amostra mensal para cada lagoa, mais duas amostras para o corpo receptor, o custo mensal será de **R\$ 1.007,08**. Dessa forma, o valor total gasto por ano com análises laboratoriais é de R\$ 12.084,96.

A partir dos custos estimados acima, tem-se o valor total de custos mensais para a operação do sistema proposto. Ainda, foi considerado um valor de R\$ 1.000,00 para despesas variáveis mensais, como luz, água, equipamentos, entre outros. O valor total estimado para a operação, considerando desde a etapa de coleta até a destinação final do lodo, foi de R\$ 11.272,87 por mês. A Tabela 5-20, abaixo, resume os custos estimados para a operação.

Tabela 5-20 - Estimativa de custos totais de operação

<b>Custos Totais</b>	
Salários (mês)	R\$ 7.712,90
Destinação do lodo seco (mês)	R\$ 1.552,89
Custos variáveis (mês)	R\$ 1.000,00
Análises (mês)	<b>R\$ 1.007,08</b>
<b>Total Mensal</b>	<b>R\$ 11.272,87</b>
Salários (anual)	R\$ 101.607,22
Destinação do lodo seco (ano)	R\$ 18.634,78
Análises (anual)	R\$ 12.084,96
<b>Total Anual</b>	<b>R\$ 144.326,96</b>

## 6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A partir da caracterização da situação atual do esgotamento sanitário do município de Porto Vera Cruz e das referências bibliográficas estudadas, foi possível propor uma alternativa para o gerenciamento dos resíduos de fossa do município. Essa alternativa, baseada em sistemas naturais, mostrou-se adequada a realidade municipal, apresentando baixo custo de implantação, como demonstrado na estimativa de custos. Além disso, mostrou-se ser de simples operação e manutenção.

Ainda com base nas bibliografias consultadas, foi possível observar que o sistema proposto tem condições de apresentar eficiência adequada em suas etapas de tratamento, de modo que os efluentes líquidos gerados atendam à legislação vigente para lançamento em corpos receptores. Entretanto, o ideal seria a obtenção de dados práticos das características dos resíduos do município e através da implantação de projetos piloto.

Com base no volume definido para o caminhão de coleta, estima-se que 10 domicílios serão atendidos a cada ciclo de limpezas. Logo, considerando o total de 180 domicílios na zona urbana de Porto Vera Cruz, serão necessários 18 ciclos de secagem. Levando em conta o período de 20 dias, serão necessários 360 dias para completar as limpezas, ficando dentro do prazo mínimo de 1 ano, estabelecido pela NBR 7229 (ABNT, 1993) e proposto para o dimensionamento. Esse período para a realização total das limpezas pode ser diminuído, dependendo da operação dos dois leitões em conjunto. Ademais, o prazo mínimo entre as limpezas pode vir a ser modificado diminuindo a quantidade de ciclos em sequência.

É importante frisar que a decisão de instituir taxas aos munícipes e de como proceder com as limpezas fica à cargo da prefeitura municipal. Esta pode optar por realizar os serviços de limpeza através de servidores municipais capacitados para tal, bem como pode contratar uma empresa especializada para a realização dos serviços. Caso a opção seja pela realização dos serviços, a compra de um caminhão limpafossas deve ser considerada, em conjunto com seu licenciamento adequado.

Em relação a escolha do local do sistema, recomenda-se levar em conta os seguintes critérios: área útil disponível para construção, distância da área urbana,

facilidade de acesso, distância em relação a habitações, distância de áreas de inundação do Rio Uruguai e topografia favorável. Os leitos de secagem, bem como as lagoas facultativas, podem vir a apresentar odores desagradáveis, logo, devem ser instaladas a distâncias consideráveis de áreas residenciais. Para seu funcionamento, este sistema deve ser devidamente licenciado junto ao órgão competente, no caso, a Fepam.

Quanto à disposição final dos lodos secos, a alternativa mais viável será encaminhá-lo para aterro sanitário, devido ao baixo volume gerado e aos rigorosos parâmetros exigidos para que este venha a ser utilizado como fertilizante na agricultura. A rigorosidade desses parâmetros, exigidos pela legislação brasileira, acabam desincentivando iniciativas de reutilizá-lo na agricultura, devido a necessidade de tratamentos adicionais para higienização do lodo. Entretanto, existe a possibilidade da realização de estudos para futuramente o município poder reutilizar esse lodo, dependendo da implantação de um sistema de higienização do mesmo, de modo a torná-lo próprio para o uso agrícola.

Por fim, a alternativa de limpezas e o tratamento baseado em sistemas naturais, propostos neste estudo, mostraram-se como uma alternativa viável a ser aplicada no município de Porto Vera Cruz-RS. Além disso, mostra-se viável devido ao baixo custo de implantação, podendo ser aplicada também em outros municípios de pequeno porte. Tanto a parte operacional quanto aos custos necessários para implantação e operação deste sistema, são aplicáveis à realidade e a demanda do município, sendo uma alternativa eficiente e mais barata, se comparada aos sistemas tradicionais mecanizados de tratamento de esgoto.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229 - Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

\_\_\_\_\_. **NBR 12209:** Elaboração de projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de esgotos sanitários. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 13969:** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

ANDREOLI, Cleverson Vitório. **Lodo de fossa e tanque séptico: caracterização, tecnologias de tratamento, gerenciamento e destino final.** PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, [s. l.], p. 390, 2009.

ANDREOLI, C.V.; GARBOSSA, L.H.P.; LUPATINI, G.; PEGORINI, E.S. **Wastewater sludge management: a Brazilian Approach.** Em: Global Atlas Of Excreta, Wastewater Sludge, And Biosolids Management: Moving Forward The Sustainable And Welcome Uses Of A Global Resource, 2008, United Nations Human Settlements Programme (UN-HABITAT), 2008. p. 131-146.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução n.º 375, de 29 de agosto de 2006. **Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências.** Diário Oficial da União, Brasília, 2006. Disponível em: <  
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>>. Acesso em: 13 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Operação e manutenção de tanques sépticos-lodo: manual de boas práticas e disposição do lodo acumulado em filtros plantados com macrófitas e desinfecção por processo térmico.** Brasília. Funasa, 2014. Disponível em:<

[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/operacao\\_manutencao\\_tanques\\_septicos\\_lodo\\_manual\\_praticas.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/operacao_manutencao_tanques_septicos_lodo_manual_praticas.pdf)> Acesso em: 13 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. – Brasília: Funasa, 2015. 642 p.

\_\_\_\_\_. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente** – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>> Acesso em: 13 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos** – 2018. Brasília, 2017. a. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-agua-e-esgotos/diagnostico-dos-servicos-de-agua-e-esgotos-2018>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Brasília: SINAPI, 2020.

COFIE, O.O., AGBOTTAH, S., STRAUSS, M., ESSEKU, H., MONTANGERO, A., AWUAH, E. and 'KONÉ, D. (2006) **'Solid-liquid separation of faecal sludge using drying beds in Ghana: Implications for nutrient recycling in urban agriculture'**, Water Research 40: 75–82 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2005.10.023>> Acesso em: 13 de outubro de 2020.

CONSEMA. CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 355 de 19 de julho de 2017. **Critérios e padrões de emissão de efluentes líquidos para as fontes geradoras que lancem seus efluentes em águas superficiais no Estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201707/19110149-355-2017-criterios-e-padrees-de-emissao-de-efluentes-liquidos.pdf>>. Acesso em: 13 de outubro de 2020.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO. **Preços Unitários Compostos**. Disponível em: <<https://www.corsan.com.br/upload/arquivos/202010/09160722->

precos-unitarios-compostos-base-sinapi-jul-20-nao-desonerada.pdf > Acesso em: 30 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Edital nº. 004/16.** Execução de leito de secagem 2, extravasor ETA III e do reservatório INTZE 500m<sup>3</sup> do sistema de abastecimento de água no município de passo fundo/rs. Porto Alegre, 2016. Disponível em: <<http://www.editais.corsan.com.br/index.php?op=1&edital=2692>> Acesso em: 30 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Edital nº. 0150/2019.** Registro de preços para coleta, carregamento, transporte e destinação de lodos – ETA's e ETE's na Superintendência Regional Missões – SURMIS. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<http://www.editais.corsan.com.br/index.php?op=1&edital=3861>> Acesso em: 30 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Edital nº. 0255/2019.** Registro de preços para coleta, carregamento, transporte e destinação de lodos de ETA's e ETE's – SURSIN. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<http://www.editais.corsan.com.br/index.php?op=1&edital=3986>> Acesso em: 30 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Edital nº. 0020/2020.** Registro de preços para coleta, carregamento, transporte e destinação de lodos – ETA's e ETE's SURPLA. Porto Alegre, 2020. Disponível em: < <http://www.editais.corsan.com.br/index.php?op=1&edital=4069>> Acesso em: 30 de outubro de 2020.

DIOGO, Vítor Hugo Friedrich. **Estudo de viabilidade de tratamento regionalizado de lodos de fossa e tanques sépticos.** Porto Alegre, 2019. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

FELIZATTO, M.R. **Reuso de Água em Piscicultura no Distrito federal: Potencial para Pós-Tratamento de Águas Residuárias Associado à Produção de Pescado.** Brasília, DF, 190p. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2000.

FEPAM. **Tabela de valores para serviços de licenciamento ambiental em reais.** Disponível em: < <http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/area4/14.asp> > Acesso em 30 de outubro de 2020.

HEINSS, Udo; LARMIE, Seth A.; STRAUSS, Martin. **Solids Separation and Pond Systems Treatment of Faecal Sludges in the Tropics: Lessons Learnt and Recommendations for Preliminary Design.** Duebendorf, Switzerland, 1998. Disponível em: <<https://www.ircwash.org/sites/default/files/342-98SO-14523.pdf>>. Acesso em: 13 de outubro de 2020.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Panorama.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-vera-cruz/panorama>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) Contínua 2019.** Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/9171-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios-continua-mensal.html?=&t=publicacoes>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos.** 7. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES, 2014.

LEI MUNICIPAL. **Lei nº 1530, de 20 de dezembro de 2018.** Dispõe sobre a Política Municipal de Saneamento Básico, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do município de Porto Vera Cruz (RS) e altera e complementa no que couber o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) instituído pelo Decreto Municipal nº 1.296 de 20 de agosto de 2012. [S. I.], 20 dez. 2018. Disponível em: <<https://www.portoveracruz.rs.gov.br/site/leis/28505-dispoe-sobre-a-politica-municipal-de-saneamento-basico-o-plano-municipal-de-saneamento-basico-pmsb>> Acesso em: 15 set. 2020.

LUSTOSA, Jordanna et al. **Tratamento e aproveitamento de água de lavagem de filtro em estação de tratamento de água.** Revista DAE, [s. l.], v. 65, ed. 206, p. 44-61, maio 2017. DOI: 10.4322/dae.2016.027. Disponível em: <<http://revistadae.com.br/downloads/edicoes/Revista-DAE-206.pdf>>. Acesso em: 5 de outubro de 2020.

MARA, D.D. (2004) **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. London: Earthscan  
<[https://www.pseau.org/outils/ouvrages/earthscan\\_ltd\\_domestic\\_wastewater](https://www.pseau.org/outils/ouvrages/earthscan_ltd_domestic_wastewater)>.

PESSOA, M. L. (Org.). Clima do RS. In: \_\_\_\_\_. Atlas FEE. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: < <http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/clima/> >. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

PESSOA, M. L. (Org.). **Saneamento no RS**. In: Atlas FEE. Porto Alegre: FEE, 2017. Disponível em: <<http://atlas.fee.tche.br/rio-grande-do-sul/socioambiental/saneamento/>>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO VERA CRUZ. Disponível em: < <http://www.portoveracruz.rs.gov.br/site>>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

SOARES, Sérgio R. A.; MATOS, Zanna M. R. de; BERNARDES, Ricardo S. **Modelagem do processo de desidratação de lodo anaeróbio em leitos de secagem simulados**. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande, vol. 5. Maio de 2001. Disponível em:<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662001000200023&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662001000200023&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 12 de setembro de 2020.

STRANDE, Linda; RONTELTAP, Mariska; BRDJANOVIC, Damir. **Faecal Sludge Management: Systems Approach for Implementation and Operation**. London: IWA Publishing, 2014.

TAYLER, Kevin. **Faecal Sludge and Septage Treatment: A guide for low- and middle-income countries**. UK: Practical Action Publishing Ltd, 2018. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.3362/9781780449869>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2020.

TILLEY, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R. and Zurbrügg, C. (2014) **Compendium of Sanitation Systems and Technologies**, 2nd edn, Dübendorf: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Disponível em: <<http://www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/06/Compendium-Sanitation-Systems-and-Technologies.pdf>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Decentralized systems technology fact sheet: septage treatment/disposal**. USA, 1999.

VON SPERLING, Marcos. **Lagoas de Estabilização-Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais (DESA/UFMG), 2009.

World Health Organization. **Guidelines on sanitation and health**. Geneva: 2018. Disponível em: <  
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/274939/9789241514705-eng.pdf?ua=1>>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

## 8. APÊNDICES

- Cálculos Custos de Implantação das Lagoas Facultativas:

Código	Discriminação	Unidade	Material	Mão de Obra	Outros	Custo	Quantidade	Custo Total
03.01.00.20	Limpeza mecanizada do terreno	m <sup>2</sup>	0,02	0,29		0,31	500	R\$ 155,00
03.02.00.35	Tela plástica (PVC/PEAD) laranja, para sinalização e isolamento, incluso estrutura de fixação	m	0,25	0,77	0,07	1,09	120	R\$ 130,80
04.01.02.42	Escavação localizada mecânica, solo 0-2 m	m <sup>3</sup>	0,11	3,28	3,96	7,35	813	R\$ 5.975,55
04.09.03.01	Lastro de areia - material, compactação, carga e descarga	m <sup>3</sup>	44,55	16,7	29,09	90,33	40,65	R\$ 3.671,91
04.10.02.01	Carga e descarga de solo para bota-fora	m <sup>3</sup>	75	1,29	1,83	3,87	813	R\$ 3.146,31
08.10.01.04	Caixa de proteção para registro DN 50 a DN 250, profundidade até 2,00 m	un	1230,62	13650,79	1,3	2582,71	2	R\$ 5.165,42
09.01.05.05	Assentamento, carga, descarga e transporte de tubos de PVC DN 200	m	0,19	4,55	0,2	4,94	100	R\$ 494,00
10.02.00.11	Recomposição de leivas (Taludes externos)	m <sup>2</sup>	0	6,6	0	6,6	120	R\$ 792,00
-	Impermeabilização de superfície com geomembrana (mata termoplastica lisa) tipo PEAD, E=2mm.	m <sup>2</sup>				45,95	514,9	R\$ 23.659,66
							<b>TOTAL SEM BDI</b>	<b>R\$ 43.190,65</b>
							<b>TOTAL (BDI=24%)</b>	<b>R\$ 53.556,41</b>

Fonte: Corsan, 2020.

# 9. ANEXOS



**Anexo V da Resolução 14/2001 - Tabela Salarial**  
 Diretoria Administrativa - DA  
 Superintendência de Recursos Humanos - SURH

**TABELA SALARIAL Nº 030**  
 Vigência a partir de 01/04/2018

Classe	GRUPOS																	
	A			B			C			D			E			F		
	Nível I	Nível II	Nível III	Nível I	Nível II	Nível III	Nível I	Nível II	Nível III	Nível I	Nível II	Nível III	Nível I	Nível II	Nível III	Nível I	Nível II	Nível III
1	1.719,91	2.063,89	2.478,87	2.009,29	2.411,15	2.893,38	2.999,85	3.599,58	4.319,50	3.588,28	4.303,54	5.184,25	4.309,78	5.171,74	6.208,09	5.142,38	6.170,86	7.405,03
2	1.805,83	2.167,00	2.600,40	2.109,79	2.531,75	3.038,10	3.149,84	3.779,57	4.535,48	3.765,62	4.518,74	5.422,49	4.525,31	5.430,37	6.516,44	5.399,49	6.479,39	7.775,27
3	1.896,17	2.275,40	2.730,48	2.215,29	2.658,35	3.190,02	3.307,12	3.968,54	4.762,25	3.953,89	4.744,87	5.693,60	4.751,52	5.701,82	6.842,18	5.669,48	6.803,38	8.164,08
4	1.990,99	2.389,19	2.867,03	2.326,11	2.791,33	3.349,60	3.472,47	4.166,96	5.000,35	4.151,58	4.981,90	5.978,28	4.989,12	5.986,94	7.184,33	5.952,98	7.143,65	8.572,28
5	2.090,51	2.508,61	3.010,33	2.442,34	2.930,81	3.516,97	3.646,07	4.375,28	5.250,34	4.359,15	5.230,98	6.277,18	5.238,56	6.286,27	7.543,52	6.250,57	7.500,88	9.000,82
6	2.195,10	2.634,12	3.160,94	2.564,45	3.077,34	3.692,81	3.828,39	4.594,07	5.512,88	4.577,11	5.492,53	6.591,04	5.500,50	6.600,60	7.920,72	6.563,10	7.875,72	9.450,88
7	2.304,77	2.765,72	3.318,88	2.692,75	3.231,30	3.877,56	4.019,81	4.823,77	5.788,52	4.805,94	5.767,13	6.920,56	5.775,53	6.930,64	8.316,77	6.891,29	8.269,55	9.923,48
8	2.420,02	2.904,02	3.484,82	2.827,35	3.392,82	4.071,38	4.220,80	5.064,96	6.077,95	5.048,26	6.055,51	7.266,61	6.064,30	7.277,18	8.732,59	7.235,84	8.883,01	10.419,61
9	2.541,08	3.049,30	3.659,16	2.968,71	3.562,45	4.274,94	4.431,83	5.318,20	6.381,84	5.298,83	6.358,36	7.630,03	6.367,53	7.641,04	9.169,25	7.597,68	9.117,19	10.940,83
10	2.668,11	3.201,73	3.842,08	3.117,09	3.740,51	4.488,61	4.653,45	5.584,14	6.700,97	5.563,51	6.676,21	8.011,45	6.685,96	8.023,15	9.627,78	7.977,52	9.573,02	11.487,62
11	2.801,54	3.361,85	4.034,22	3.273,01	3.927,61	4.713,13	4.886,12	5.863,34	7.036,01	5.841,75	7.010,10	8.412,12	7.020,26	8.424,31	10.109,17	8.376,33	10.051,60	12.061,92
12	2.941,63	3.529,96	4.235,95	3.436,58	4.123,90	4.948,68	5.130,42	6.156,50	7.387,80	6.133,77	7.360,52	8.832,62	7.371,17	8.845,40	10.614,48	8.795,24	10.554,29	12.665,15
13	3.088,67	3.706,40	4.447,68	3.608,46	4.330,15	5.196,18	5.386,96	6.464,35	7.757,22	6.440,46	7.728,55	9.274,26	7.739,71	9.287,65	11.145,18	9.234,96	11.081,95	13.298,34
14	3.243,10	3.891,72	4.670,06	3.788,88	4.546,66	5.455,99	5.656,29	6.787,55	8.145,06	6.762,47	8.114,96	9.737,95	8.126,81	9.752,17	11.702,80	9.696,67	11.636,00	13.983,20
15	3.405,32	4.086,38	4.903,66	3.978,26	4.773,91	5.728,69	5.939,09	7.126,91	8.552,29	7.100,63	8.520,76	10.224,91	8.533,10	10.239,72	12.287,66	10.181,53	12.217,84	14.661,41
16	3.575,59	4.290,71	5.148,85	4.177,22	5.012,66	6.015,19	6.236,05	7.483,26	8.979,91	7.455,85	8.946,78	10.736,14	8.959,75	10.751,70	12.902,04	10.690,60	12.828,72	15.394,48
17	3.754,37	4.505,24	5.406,29	4.386,04	5.263,25	6.315,90	6.547,84	7.857,41	9.428,89	7.828,43	9.394,12	11.272,94	9.407,73	11.289,28	13.547,14	11.225,13	13.470,16	16.184,19
18	3.942,08	4.730,50	5.676,60	4.605,39	5.526,47	6.631,76	6.875,25	8.250,30	9.900,38	8.219,85	9.863,82	11.836,58	9.878,12	11.853,74	14.224,49	11.786,39	14.143,67	18.972,40
19	4.139,22	4.967,06	5.960,47	4.835,65	5.802,78	6.963,34	7.219,03	8.662,84	10.395,41	8.630,86	10.357,03	12.428,44	10.372,03	12.446,44	14.935,73	12.375,71	14.850,85	17.821,02
20	4.346,16	5.215,39	6.258,47	5.077,42	6.092,90	7.311,48	7.579,95	9.095,94	10.915,13	9.062,42	10.874,90	13.049,88	10.890,64	13.068,77	15.682,52	12.994,49	15.593,39	18.712,07
21	4.563,47	5.476,16	6.571,39	5.331,30	6.397,56	7.677,07	7.958,96	9.550,75	11.460,90	9.515,51	11.418,61	13.702,33	11.435,17	13.722,20	16.466,64	13.644,21	16.373,05	19.647,68
22	4.791,63	5.749,96	6.899,95	5.597,83	6.717,40	8.060,88	8.356,89	10.028,27	12.033,92	9.991,27	11.989,52	14.387,42	12.006,94	14.408,33	17.290,00	14.326,43	17.191,72	20.630,08
23	5.031,20	6.037,44	7.244,93	5.877,74	7.053,29	8.463,95	8.774,74	10.529,69	12.635,63	10.490,87	12.589,04	15.106,85	12.607,25	15.128,70	18.154,44	15.042,73	18.051,28	21.661,54
24	5.282,78	6.339,34	7.607,21	6.171,64	7.405,97	8.887,16	9.213,49	11.058,19	13.267,43	11.015,41	13.218,49	15.862,19	13.237,65	15.885,18	19.062,22	15.794,89	18.953,87	22.744,64
25	5.546,92	6.656,30	7.987,56	6.480,21	7.776,25	9.331,50	9.674,15	11.608,98	13.930,78	11.568,18	13.879,42	16.655,30	13.899,53	16.879,44	20.015,33	16.584,63	19.901,56	23.881,87
	EMPREGOS			EMPREGOS			EMPREGOS			EMPREGOS			EMPREGOS			EMPREGOS		
	Auxiliar Contínuo Lavador Lubrificador Mecânico de Veículos II Motorista Motorista da CIEL Telefonista	Agente Administrativo Agente de Segurança Agente de Serv Operacionais Agente em Tratamento de AVE Assistente de Montagem Aux Administrativo I Aux de Operador de Reator Aux Serv Gerais I Auxiliar de Almoarifado I Auxiliar de Laboratório I Auxiliar de Segurança Comprador/vendedor Laborarista Mestre de Obras Oper de Reator Oper Máq e Equipamentos Programador de Computador Recepcionista/Telefonista Secretária Tesoureiro Torneiro Mecânico	Agente Administrativo V Desenhista Técnico Técnico Agrícola Técnico de Contabilidade Técnico de Edificações Técnico de Informática Técnico de Seg do Trabalho Técnico Eletromecânico Técnico Eletrônico Técnico Eletrotécnico Técnico em Enferm Trabalho Técnico em Hidrologia Técnico Mecânico Técnico Químico	Médico do Trabalho	Assistente Social	Administrador Advogado Analista de Sistemas Arquiteto Bibliotecário Biólogo Contador Economista Enfermeiro do Trabalho Engenheiro Estatístico Geógrafo Geólogo Jornalista Pedagogo Psicólogo Químico Relações Públicas												

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

DATA DE EMISSÃO: 22/10/2020 15:01:25

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 110,61%(HORA) 68,86%(MÊS)

DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 21/10/2020

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: CAIXA REFERENCIAL				
91283	CORTADORA DE PISO COM MOTOR 4 TEMPOS A GASOLINA, POTÊNCIA DE 13 HP, COM DISCO DE CORTE DIAMANTADO SEGMENTADO PARA CONCRETO, DIÂMETRO DE 350 MM, FURO DE 1" (14 X 1") - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	CR	15,91
91386	CAMINHÃO BASCULANTE 10 M3, TRUCADO CABINE SIMPLES, PESO BRUTO TOTAL 23.000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15.935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,80 M, POTÊNCIA 230 CV INCLUSIVE CAÇAMBA METÁLICA - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	CR	145,22
91533	COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO (SOQUETE) COM MOTOR A GASOLINA 4 TEMPOS, POTÊNCIA 4 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	CR	29,13
91634	GUINDAUTO HIDRÁULICO, CAPACIDADE MÁXIMA DE CARGA 6500 KG, MOMENTO MÁXIMO DE CARGA 5,8 TM, ALCANCE MÁXIMO HORIZONTAL 7,60 M, INCLUSIVE CAMINHÃO TOCO PBT 9.700 KG, POTÊNCIA DE 160 CV - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	CR	126,51
91645	CAMINHÃO DE TRANSPORTE DE MATERIAL ASFÁLTICO 30.000 L, COM CAVALO MECÂNICO DE CAPACIDADE MÁXIMA DE TRACÇÃO COMBINADO DE 66.000 KG, POTÊNCIA 360 CV, INCLUSIVE TANQUE DE ASFALTO COM SERPENTINA - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	AS	265,51
91692	SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFÃO PARA DISCO 10" - CHP DIURNO. AF_08/2015	CHP	CR	25,32
92043	DISTRIBUIDOR DE AGREGADOS REBOCAVEL, CAPACIDADE 1,9 M³, LARGURA DE TRABALHO 3,66 M - CHP DIURNO. AF_11/2015	CHP	AS	8,00
92106	CAMINHÃO PARA EQUIPAMENTO DE LIMPEZA A SUCCÃO, COM CAMINHÃO TRUCADO DE PESO BRUTO TOTAL 23000 KG, CARGA ÚTIL MÁXIMA 15935 KG, DISTÂNCIA ENTRE EIXOS 4,80 M, POTÊNCIA 230 CV, INCLUSIVE LIMPADORA A SUCCÃO, TANQUE 12000 L - CHP DIURNO. AF_11/2015	CHP	AS	173,46
92112	PENEIRA ROTATIVA COM MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO DE 2 CV, CILINDRO DE 1 M X 0,60 M, COM FUROS DE 3,17 MM - CHP DIURNO. AF_11/2015	CHP	CR	2,18
92118	DOSADOR DE AREIA, CAPACIDADE DE 26 LITROS - CHP DIURNO. AF_11/2015	CHP	CR	0,14

# SINAPI - SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL 1

610 de 635

PCI.817.01 - CUSTO DE COMPOSIÇÕES - SINTÉTICO

DATA DE EMISSÃO: 22/10/2020 15:01:25

DATA REFERÊNCIA TÉCNICA: 21/10/2020

ENCARGOS SOCIAIS SOBRE PREÇOS DA MÃO-DE-OBRA: 110,61%(HORA) 68,86%(MÊS)

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	ORIGEM DE PREÇO	CUSTO TOTAL
VÍNCULO.....: ENCARGOS COMPLEMENTARES REFERENCIAL				
SEDI	SERVICOS DIVERSOS			
0318	OUTROS			
88238	AJUDANTE DE ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	15,06
88239	AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	16,47
88240	AJUDANTE DE ESTRUTURA METÁLICA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	16,42
88241	AJUDANTE DE OPERAÇÃO EM GERAL COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	15,44
88242	AJUDANTE DE PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	16,13
88243	AJUDANTE ESPECIALIZADO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	20,14
88245	ARMADOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	19,88
88246	ASSENTADOR DE TUBOS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	23,34
88247	AUXILIAR DE ELETRICISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	16,68
88248	AUXILIAR DE ENCANADOR OU BOMBEIRO HIDRÁULICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	15,05
88249	AUXILIAR DE LABORATÓRIO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	28,64
88250	AUXILIAR DE MECÂNICO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	18,15
88251	AUXILIAR DE SERRALHEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	15,87
88252	AUXILIAR DE SERVIÇOS GERAIS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	17,38
88253	AUXILIAR DE TOPÓGRAFO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	12,80
88255	AUXILIAR TÉCNICO DE ENGENHARIA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	25,05
88256	AZULEJISTA OU LADRILHISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	19,92
88257	BLASTER, DINAMITADOR OU CABO DE FOGO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	22,55
88258	CADASTRISTA DE REDES DE AGUA E ESGOTO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	16,22
88259	CALAFETADOR/CALAFATE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	23,38
88260	CALCETEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	18,67
88261	CARPINTEIRO DE ESQUADRIA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	CR	17,62
88262	CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	C	19,84