

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO RIO GRANDE DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA EM TRÊS PASSOS
CURSO DE BACHARELADO EM GESTÃO AMBIENTAL**

EVANDRO FERNANDES DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE FOSSA SÉPTICA E *WETLAND*
ALTERNATIVOS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM
PROPRIEDADE RURAL**

TRÊS PASSOS

2019

EVANDRO FERNANDES DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE FOSSA SÉPTICA E *WETLAND*
ALTERNATIVOS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM
PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Gestão
Ambiental da Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira
Bisognin

TRÊS PASSOS

2019

EVANDRO FERNANDES DE OLIVEIRA

**DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE FOSSA SÉPTICA E *WETLAND*
ALTERNATIVOS PARA O TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO EM
PROPRIEDADE RURAL**

Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em Gestão
Ambiental da Universidade Estadual do
Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira
Bisognin

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Ramiro Pereira Bisognin
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Professor Dr. Robson Evaldo Gehlen Bohrer
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS

Professor Dr. Márlon de Castro Vasconcelos
Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

RESUMO

Muitas pessoas ainda vivem em condições precárias, sem acesso à saúde, alimentação de qualidade, moradia, educação e saneamento. Mais de 90% das doenças infecciosas são transmitidas por água contaminada, principalmente com esgotos domésticos. Diante da necessidade de se buscar sistemas alternativos para o tratamento de efluentes, neste estudo propõe-se realizar o dimensionamento e a construção de um sistema de tratamento de esgoto composto por fossa séptica e *wetland* para uma propriedade rural localizada no interior do município de Três Passos – RS. A caracterização do efluente e avaliação da eficiência do sistema foi feita a partir dos parâmetros de pH, turbidez, sólidos suspensos totais, matéria orgânica, coliformes totais e *Escherichia coli*. O sistema foi construído com materiais de baixo custo. O dimensionamento e construção da fossa séptica seguiram as orientações da NBR 7229/1993. O *wetland* seguiu o modelo descrito por Sezerino (2012). A fossa séptica foi montada em um sistema de três câmeras em série, utilizando galões plásticos, o *wetland* foi construído com dimensões de 2 metros de comprimento, 1,5 metros de largura e 0,5 metros de altura. As macrófitas foram plantadas após o enchimento do *wetland*, a espécie escolhida para o sistema foi a *Hedychium Coronarium*. Para avaliar a eficiência foi feito coletas em duas campanhas, os resultados foram eficiências de 52,57% para Sólidos suspensos, 93,5% para Matéria orgânica, 90,77% para Turbidez, 97,62% para coliformes totais e 98,49% para E. coli na primeira campanha e na segunda campanha obteve-se eficiências de 78,68% para Sólidos suspensos, 81,22% para Matéria orgânica, 78,26% para Turbidez, 94,5% para coliformes totais e 94,3% para E. coli. O desenvolvimento deste projeto atingiu seu objetivo principal que era proporcionar a propriedade um sistema de tratamento eficaz e de baixo custo de implantação.

Palavras – chave: Saneamento. Efluente sanitário. Sustentabilidade. Sistema Alternativo. Macrófita.

ABSTRACT

Many people still live in precarious conditions without access to health, quality food, housing, education and sanitation. More than 90% of infectious diseases are transmitted by contaminated water, mainly with domestic sewage. Given the need to seek alternative systems for wastewater treatment, this study proposes the design and construction of sewage treatment system composed of septic tank and wetland for a rural property located in the interior of the municipality of Três Passos - RS. The effluent characterization and system efficiency evaluation were based on pH, turbidity, total suspended solids, organic matter, total coliforms and *Escherichia coli* parameters. The system was built with low cost materials. The design and construction of the septic tank followed the guidelines of NBR 7229/1993. The wetland followed the model described by Sezerino (2012). The septic tank was set up in a three-camera series system using plastic gallons, the wetland was built with dimensions of 2 meters long, 1.5 meters wide and 0.5 meters high. The macrophytes were planted after wetland filling, the species chosen for the system was the *Hedychium Coronarium*. To evaluate the efficiency was made collections in two campaigns, the results were efficiencies of 52.57% for suspended solids, 93.5% for organic matter, 90.77% for turbidity, 97.62% for total coliforms and 98.49. % for *E. coli* in the first and second campaign, efficiencies were 78.68% for suspended solids, 81.22% for organic matter, 78.26% for turbidity, 94.5% for total coliforms and 94, 3% for *E. coli*. The development of this project achieved its main objective which was to provide the property with an effective and low cost implementation treatment system.

Key Words: Sanitation. Sanitary effluent. Sustainability. Alternative system. Macrophyte.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de satélite da propriedade rural onde foi instalado o tratamento de esgoto.	9
Figura 2 - Fossa séptica com materiais alternativos implantada na propriedade.	14
Figura 3 - Local de implantação do wetland construído.	15
Figura 4 - Cano de distribuição montado e furado.	15
Figura 5 - Colocação das pedras e britas.	16
Figura 6 - Sistema pronto para o plantio.	16
Figura 7 - Macrófita escolhida para plantio.	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Relação de materiais, quantidades e custos do sistema de tratamento.	17
Tabela 2 - Resultados das análises da 1° campanha.	19
Tabela 3 - Resultados das análises da 2° campanha.	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 OBJETIVOS	8
2.1 OBJETIVO GERAL	8
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	8
3 METODOLOGIA	9
3.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO	9
3.2 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA GERAÇÃO DE ESGOTO.....	10
3.3 CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO.....	10
3.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DA FOSSA SÉPTICA.....	13
4.2 CONSTRUÇÃO DO WETLAND	14
4.3 ESCOLHA E PLANTIO DAS MACRÓFITAS.....	17
4.4 EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO IMPLANTADO ...	18
6 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

Apesar do desenvolvimento tecnológico evidenciado no século XXI, muitas pessoas ainda vivem em condições precárias, sem acesso à saúde, alimentação de qualidade, moradia, educação e saneamento. A ausência ou a deficiência de abastecimento de água potável e de coleta de esgoto sanitário são causas significativas das altas taxas de doenças intestinais (MARTINETTI; TEIXEIRA; SHIMBO, 2007). Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (2017), a diarreia é uma grande responsável pela morte de crianças de até 5 anos, correspondendo a 8% das mortes por doenças infecciosas no mundo.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no Brasil, em 2010, apenas 55,16% dos domicílios tinham acesso a rede coletora de esgoto. Dados mais recentes, de 2016, demonstram que essa realidade não evoluiu, aliás foi observada uma redução nesse percentual, o qual passou para 51,92% da população com acesso a coleta de esgoto. Do volume de esgoto gerado no País, apenas 42,92% é tratado (SNIS, 2016). Também de acordo com o IBGE, em 2010, 35% da população brasileira contava com soluções inadequadas para o tratamento dos esgotos, sendo que 26% usava fossa rudimentar.

A ineficiência na coleta e tratamento dos esgotos acarreta diversos danos à saúde e ao meio ambiente, interferindo diretamente na qualidade de vida da população. De acordo com o ex-Ministro da Saúde, Ricardo Barros, a cada R\$ 1,00 investido em saneamento se poupa cerca de R\$ 9,00 na saúde (FUNASA, 2017).

O esgoto doméstico é constituído, predominantemente, por 99,9% de água e 0,1% de sólidos, e carrega grande número de organismos vivos nocivos à saúde humana e animal, como bactérias, vírus, fungos, algas e protozoários (VON SPERLING, 2005). Constituídos de proteínas, carboidratos, óleos e graxas, a matéria orgânica presente nos esgotos é rica em carbono, hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo e enxofre. A ureia, a maior constituinte da urina, é outro importante composto orgânico. Nos esgotos também podem ocorrer diferentes moléculas orgânicas sintéticas com estrutura que podem variar de simples até extremamente complexa (METCALF; EDDY, 2003; MACKENZIE, 2010).

Mais de 90% das doenças infecciosas são transmitidas por água contaminada, principalmente com esgotos domésticos. Dentre os microrganismos responsáveis por essas doenças destacam-se vírus e bactérias do trato intestinal.

Dentre os vírus, citam-se os da hepatite, da pólio e os causadores de diarreias, entre outros (CEBALLOS, 2000).

O lançamento de efluentes *in natura* nos recursos hídricos resulta, além de vários problemas socioambientais, em impactos significativos sobre a vida aquática e o meio ambiente como um todo (MARTINS et al., 2010). A matéria orgânica presente no esgoto causa o consumo de oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005), sendo prejudicial a biota aquática.

Para tentar minimizar esses problemas, é necessário buscar alternativas de coleta e tratamento dos efluentes gerados, para redução das concentrações de matéria carbonácea, nutrientes e patógenos, responsáveis pelos maiores impactos na disposição final de esgotos no ambiente. Para Martinetti et al. (2007), é necessário buscar infraestruturas de tratamento de efluentes alternativas, que possam representar opções ao sistema tradicional adotado como solução na maioria dos casos, e que sejam de fácil construção e manutenção.

Segundo Polanco (2016), o tratamento convencional consiste basicamente na remoção dos poluentes e o método a ser utilizado depende das características físicas, químicas e biológicas do esgoto. O uso de plantas fitorremediadoras é uma boa alternativa. De acordo com Zerwes (2013), os processos de tratamento utilizando macrófitas nos sistemas chamados *wetlands* construídos (WC) estão integradas as potencialidades de saneamento rural de baixo custo e com potencial para reuso de águas residuárias. O termo *wetlands*, refere-se a áreas alagáveis, e é utilizado para caracterizar vários ecossistemas naturais que ficam parcial ou totalmente inundados durante o ano (SALATTI, 2003).

Os *wetlands* construídos são sistemas físico-biológicos, com parte do filtro constituído de plantas. O esgoto afluente ao sistema é lançado através de uma rede de tubulações perfuradas que é instalada logo abaixo da zona de raízes. Esta área é dimensionada de acordo com a demanda de esgoto pré-determinada (VAN KAICK, 2002). Para Silva (2008), o oxigênio das plantas fornecido através do rizoma, possibilita o desenvolvimento de microrganismos que se alimentam de parte dos poluentes presentes no esgoto.

Estudos já realizados sobre o tema demonstram que o sistema é uma boa alternativa para tratamento de efluentes. Van Kaick et al. (2005) ao tratarem esgoto bruto por meio de zona de raízes, verificaram eficiência superior a 80% na remoção

de DQO e DBO e de mais de 60% na remoção de coliformes (totais e fecais). Outros resultados positivos com o emprego de *wetlands* são descritos por Junior et al. (2011) que obtiveram eficiências entre 77 a 89% para turbidez, 85% para fósforo e de 84,6 e 83,7% para DBO e DQO, respectivamente.

Diante da necessidade de se buscar sistemas alternativos, eficientes e de baixo custo para o tratamento de esgotos sanitários em áreas rurais, neste estudo propõe-se realizar o dimensionamento e a construção de sistema de tratamento de esgoto composto por fossa séptica e *wetland* para uma propriedade rural.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Construir um sistema de tratamento de esgoto sanitário com materiais alternativos para uma propriedade rural do município de Três Passos – RS.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar e mensurar a vazão de esgoto gerado na propriedade.
- Dimensionar um sistema para tratamento do esgoto.
- Construir um sistema descentralizado para tratamento de esgoto.
- Selecionar uma espécie fitorremediadora adequada ao tratamento de efluente sanitário.
- Avaliar a eficiência do sistema construído.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE ESTUDO

A propriedade onde foi realizado o estudo (Figura 1) localiza-se no interior do município de Três Passos, região noroeste do Rio Grande do Sul (RS). O local possui nove hectares (ha), sendo sete destinados a lavoura, onde são produzidas as culturas de soja, milho e aveia, e o restante são áreas não produtivas, onde encontra-se a residência, áreas de lazer e fragmentos florestais.

Figura 1 - Imagem de satélite da propriedade rural onde foi instalado o tratamento de esgoto



Fonte: Google Earth (2017).

Na propriedade há uma faixa de vegetação no limite norte, que corresponde a mata ciliar do Lajeado Três Passos, e ao e leste, que compreende a mata ciliar de um córrego, de fluxo intermitente, afluente do Lajeado Três Passos.

Não há moradores fixos no local, a frequência das visitas varia de acordo com o período do ano, ficando normalmente em 3 vezes ao mês, quando há a frequência de duas pessoas.

A água consumida na residência é bombeada diretamente de um poço artesiano que fica localizado em uma propriedade vizinha. Atualmente o descarte dos efluentes gerados na residência é feito diretamente em um sumidouro, sem a presença de qualquer tratamento prévio.

Diante dessa situação, buscou-se por meio do desenvolvimento deste projeto melhorar o sistema de tratamento e disposição final do efluente sanitário com a implantação de e de uma fossa séptica como forma de tratamento preliminar, seguida por um sistema de *wetland* construído de fluxo subsuperficial horizontal.

3.2 CARACTERIZAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DA GERAÇÃO DE ESGOTO

A caracterização do efluente gerado na propriedade rural foi realizada por meio da análise dos parâmetros pH, turbidez, sólidos suspensos totais, matéria orgânica, coliformes totais e *Escherichia coli*, em duas campanhas de coleta. A coleta de esgoto bruto foi realizada diretamente na tubulação de alimentação da fossa séptica, tendo sido a primeira realizada logo após a implantação do sistema e a segunda após trinta dias de operação. Para as coletas foram utilizados dois frascos âmbar de 1 litro, que foram armazenados em caixa térmica e transportados ao laboratório da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS), Unidade em Três Passos.

Para a quantificação da geração de efluentes foi considerado o uso sazonal da propriedade e o número reduzido de pessoas que a frequentam. Com isso a propriedade foi classificada como alojamento provisório, segundo a NBR 7229/93 e NBR 13969/97, que considera a geração diária de 80 litros de esgoto por pessoa (ABNT, 1993; ABNT, 1997).

3.3 CONCEPÇÃO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO

O sistema de tratamento de esgoto implantado na residência foi concebido por uma fossa séptica como tratamento preliminar, seguido de um *wetland* construído para o tratamento complementar do efluente.

Na implantação do sistema, tanto para a fossa séptica quanto para o *wetland* foi priorizado a utilização de materiais de baixo custo, como canos PVC, dois tonéis plásticos de 50 e um de 30 litros, para viabilizar sua implantação e plantas facilmente adaptáveis à região e com resistência a exposição a esgotos sanitários pré-tratados.

O dimensionamento e construção da fossa séptica seguiram as orientações da NBR 7229/1993, que dispõe sobre o projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, porém com modificações quanto ao volume e materiais empregados. O dimensionamento do tanque foi realizado a partir da Equação 1 (ABNT, 1993):

$$V = 1000 + N (CT + K Lf) \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

V = volume útil, em litros.

N = número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia.

T = período de detenção, em dias.

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco.

Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia.

O dimensionamento do *wetland* seguiu o modelo descrito por Sezerino (2012), baseado em valores típicos de dimensionamento divulgados em 100 trabalhos publicados no Brasil, durante o período de 1998 a 2011. Segundo Sezerino (2012), o valor mínimo reportado foi de 0,14 m²/pessoa e o valor máximo foi de 8,0 m²/pessoa. Como a geração de efluente na propriedade é baixa, aproximadamente 160 L d⁻¹ proveniente do uso de duas pessoas em alojamento provisório, o valor definido para o *wetland* foi de 1,0 m²/pessoa, enquadrando-se nas recomendações de Sezerino (2012), tendo em vista que não há nenhuma norma brasileira para dimensionamento de alagados construídos.

O *wetland* foi construído de acordo com a declividade natural do terreno, pouco acentuada, para que a água fluísse por gravidade.

As plantas aquáticas - macrófitas - foram selecionadas para o *wetland* construído conforme recomendações de Phillip e Sezerino (2004), ou seja, tolerância a ambientes com excesso de água ou até mesmo com pouca água, rapidez no crescimento, formação de volumosos sistemas radiculares, grande produtividade de biomassa, facilidade de manejo e possibilidade de reutilização.

Ressalta-se que todas as características construtivas do sistema de tratamento fazem parte dos resultados para atender o objetivo maior do trabalho que era a implantação do sistema.

3.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA

Para verificar a eficiência do sistema foram utilizados os mesmos parâmetros descritos no item 3.2, as amostras foram coletadas em duas campanhas. A primeira amostragem do efluente bruto foi feita diretamente após o cano de distribuição, 15 dias após o plantio das mudas no *wetland* e a primeira amostra do efluente tratado foi pega 5 dias após a anterior, tempo estimado de detenção hidráulica no sistema pela vazão alimentada no período de maior frequência de pessoas na propriedade. A segunda campanha ocorreu 45 dias após a primeira coleta do efluente bruto, mantendo o mesmo intervalo de tempo entre a coleta do esgoto bruto e tratado. Ressalta-se que durante as coletas das amostras de esgoto bruto e tratado não houve precipitações que pudessem diluir as amostras no *wetland*.

A eficiência do sistema foi determinada por meio da Equação 2, após análises realizadas no laboratório da UERGS, Unidade em Três Passos.

$$E = \left(\frac{S_i - S_f}{S_i} \right) * 100 \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

E = eficiência em %.

S_i = concentração inicial.

S_f = concentração final.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DA FOSSA SÉPTICA

O volume da fossa séptica foi dimensionado a partir da resolução da Equação 1, apresentada no item 3.3, com os dados: N = 2 pessoas; C = 80 litros; T = 1 dia; K = 65; Lf = 1.

$$V = 1000 + N (C \times T + K Lf)$$

$$V = 1000 + 2 (80 \times 1 + 65 \times 1)$$

$$V = 1.290 \text{ L}$$

O volume útil de 1290 litros é ideal para uma condição de uso frequente e diário, porém como não há residentes no local esse valor foi adequado de forma proporcional ao uso real, que se restringe a 3 vezes ao mês, resultando então em um volume útil de 129 litros. Desta forma, buscou-se minimizar problemas decorrentes de baixa carga orgânica para sobrevivência dos microrganismos, além de possibilitar o menor custo de implantação para a viabilidade econômica do sistema.

Para a construção da fossa séptica seguiu-se recomendações da NBR 7229/1993. O sistema foi montado com três câmaras em série (Figura 2), mantendo um desnível de 3,5 cm entre elas. O orifício do afluente foi instalado na parte superior do tanque e a saída no lado oposto 2,5 cm abaixo, mantendo assim o desnível de cada caixa e entre um compartimento e outro.

A primeira foi constituída a partir de um galão plástico de 50 litros, o qual recebe o efluente diretamente do vaso sanitário através de tubulação PVC de 100 mm. Neste primeiro compartimento ocorre a maior retenção de sólidos, promovendo a digestão parcial dos sólidos sedimentáveis. Os demais compartimentos são compostos por galões plásticos de 50 e 30 litros, respectivamente. Para Mendes et. Al (2010), tanques sépticos de câmaras em série promovem os processos de sedimentação, flotação e digestão. Segundo Adans (2012) a primeira câmara constitui o reator biológico onde ocorre a sedimentação em sua maior parte. Na segunda câmara, que possui menos lodo, se torna possível uma sedimentação mais tranquila em virtude da menor interferência das bolhas de gases resultantes do

processo anaeróbio, que acaba por acontecer em maior grau na primeira câmara, proporcionado assim uma remoção mais eficiente dos sólidos suspensos.

Figura 2 - Fossa séptica com materiais alternativos implantada na propriedade



4.2 CONSTRUÇÃO DO WETLAND

O Wetland foi construído 2 metros após a última câmara da fossa séptica, com 2 metros de comprimento, 1,5 metros de largura e 0,5 metros de altura, conforme Figura 3. Após a escavação o solo foi compactado e suas laterais foram revestidas com pedras, retiradas do próprio local.

Figura 3 - Local de implantação do wetland construído.



Para impermeabilização do sistema foi colocado duas camadas de lona plástica preta de 40 micras.

Na montagem da tubulação de distribuição do efluente no sistema foram utilizados canos de 100 mm montados de forma retangular, com dimensões de 1,2 m x 1,6 m, depois de montado foram feitos furos utilizando broca de 6 mm (Figura 4). Na parte inferior do sistema ficam os canos para saída do efluente, que seguiram o mesmo formato e furação da parte de distribuição, porém na parte mais baixa do sistema foi realizada uma emenda em T para cima, para a saída do efluente tratado.

Figura 4 - Cano de distribuição montado e furado.



Ao colocar o material filtrante, primeiramente foi posto pedras e britas para que não houvesse o entupimento dos furos nos canos (Figuras 5), após foi

preenchido com areia e brita e, posteriormente, os materiais foram misturados com o auxílio de uma enxada. Com o término do preenchimento foi então colocado os canos de distribuição do efluente interligando-os com a fossa séptica (Figura 6).

Figura 5 - Colocação das pedras e britas.



Figura 6 - Sistema pronto para o plantio.



As macrófitas foram plantadas após 45 dias de funcionamento, quando se teve o enchimento do *wetland*, a fim de garantir a sobrevivência das plantas.

Basicamente o sistema funciona por gravidade, permeabilidade e degradação biológica. Atua como um tratamento secundário – remoção de matéria orgânica por meio de reações bioquímicas - e terciário de esgotos – controle e remoção de nutrientes. O tratamento secundário acontece pelo fato de o sistema ser também um filtro granulométrico. O terciário, principalmente pela presença das macrófitas (laqueli, 2016).

Esse sistema apresenta-se vantajoso, apresentando boas eficiências para Almeida et al. (2007), o leito de zona de raízes ocasionou redução de 89% para a DBO, 78% para a DQO e 99,63% para os coliformes termotolerantes. Van Kaick (2002), no Paraná, observou redução de 83,9% para DBO. Mees et al. (2009) avaliaram a eficiência do tratamento, por sistema de wetland construído, do efluente de um frigorífico de suínos. Os resultados obtidos demonstraram as eficiências de remoções: DQO de 77,2%; DBO de 77,8%; nitrogênio total de 87,9%; nitrogênio amoniacal de 47,5% e fósforo total de 38,9%.

Após o tratamento o descarte desse efluente é realizado diretamente no solo para infiltração.

Para a construção da fossa séptica e do wetland foram utilizados os materiais e quantidades apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação de materiais, quantidades e custos do sistema de tratamento.

Materiais	Quantidade	Custo
Areia	1,5 m ²	R\$ 150,00
Brita	1,0 m ²	R\$ 100,00
Cano PVC 100mm / barra de 6 metros	4	R\$ 140,00
Cola de cano	1	R\$ 9,00
Durepox	2	R\$14,00
Lona plástica	4 m ²	R\$ 80,00
Galão plástico de 50 litros	2	R\$ 100,00
Galão plástico de 30 litros	1	R\$ 40,00
Curva de PVC 100mm	9	R\$ 90,00
Conexão em tê de PVC 100mm	1	R\$ 15,00
TOTAL		R\$ 728,00

O valor comercial de uma fossa séptica com capacidade de 200 litros é de R\$ 690,00, ela possui um volume maior comparado com sistema implantado, porém com uma diferença de R\$ 38,00 foi também construído o *wetland* para tratamento complementar.

4.3 ESCOLHA E PLANTIO DAS MACRÓFITAS

A macrófita escolhida para a utilização no sistema foi a *Hedychium Coronarium* (Figura 7), conhecida popularmente como gengibre branco ou lírio-do-brejo. Essa planta foi escolhida por ser facilmente encontrada na região, o que indica

um fácil desenvolvimento e adaptabilidade ao local. Também, segundo Poças et al. (2017), esta espécie está entre as mais utilizadas no Brasil em processos de remediação, apresentando uma eficiência média de 89,4% para demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

As plantas foram coletadas na própria localidade e plantio foi realizado após o enchimento do sistema com esgoto da fossa séptica. As mudas foram colocadas a uma profundidade de aproximadamente 10 cm da superfície e distribuídas em quatro fileiras por quatro colunas, totalizando 16 mudas no *wetland*.

Figura 7 - Macrófita escolhida para plantio.



4.4 EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO IMPLANTADO

As coletas realizadas em duas campanhas foram efetuadas na entrada e na saída do sistema de tratamento. Os parâmetros analisados no sistema foram pH, turbidez, sólidos suspensos totais, matéria orgânica, coliformes totais e *Escherichia coli*, todas as análises foram realizadas no laboratório da UERGS, unidade em Três Passos, os resultados da primeira e segunda campanha estão expressos nas tabelas 2 e 3, respectivamente. Para a verificação da eficiência do sistema em cada parâmetro se deu com a utilização Equação 2.

Tabela 2 - Resultados das análises da 1° campanha

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência
Sólidos suspensos totais (mg L ⁻¹)	738	350	52,57%
Matéria orgânica	38,5 mg/L	2,5 mg/L	93,5%
Turbidez	93,3 NTU	8,61 NTU	90,77%
pH	8,22	7,56	-
Coliformes totais	521.600 UFC	12.400 UFC	97,62%
<i>E. coli</i>	407200 UFC	6.120 UFC	98,49%

Tabela 3 - Resultados das análises da 2° campanha

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado	Eficiência
Sólidos suspensos totais	122 mg/L	26 mg/L	78,68%
Matéria orgânica	42,6 mg/L	8 mg/L	81,22%
Turbidez	142,33	30,93	78,26%
pH	8,67	8,06	-
Coliformes totais	97.600 UFC	5.360 UFC	94,5%
<i>E. coli</i>	52.000 UFC	2.960 UFC	94,3%

A redução da eficiência na segunda campanha de coleta pode ser explicada pela redução da temperatura, uma vez que as últimas coletas, do esgoto bruto e tratado, foram realizadas na segunda quinzena do mês de junho. Sezerino (2006) indicou uma diminuição de até 20% na eficiência de um *wetland* construído nos meses mais frios. Segundo o autor, a explicação se dá por dois motivos principais, um é que o metabolismo microbiano é mais intenso com temperatura elevada e o outro é que a atividade metabólica geral, na rizosfera, diminui no inverno com a queda de temperatura.

Apesar da boa eficiência do sistema, este não possibilita a desinfecção completa, e o desenvolvimento de bactérias *E. coli* é responsável pela transmissão de doenças, portanto, recomendando-se assim a implantação de algum método para desinfecção desse efluente, visando melhorar ainda mais sua qualidade e evitando assim o risco de doenças.

Percebe-se uma grande diferença nos parâmetros entre a primeira e segunda campanha, principalmente em coliformes totais e *E. coli*, o que provavelmente pode ser explicado devido a frequência inferior dos moradores na residência durante a segunda campanha em relação a primeira. Nesta houve

frequentações quase que diárias na semana antecedente a coleta, acarretando em uma contribuição muito maior para o sistema. Porém em ambas campanhas percebe-se a redução dos parâmetros analisados o que demonstra a eficácia do sistema.

Comparando os resultados obtidos no desenvolvimento desse trabalho com outros autores, percebe-se que os resultados são promissores, pois Ceve (2015), obteve 88% de eficiência para turbidez para um sistema de tratamento de esgotos sanitários. Souza (2015) em seu estudo de quatro anos sobre o tema obteve eficiência média de 80,26% na remoção de SST e 83,7% para turbidez, e 27,43% na remoção de coliformes totais, ou seja, abaixo das eficiências obtidas neste estudo.

Em seu trabalho sobre a eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados, Colares e Sandril (2013) alcançaram eficiências de 95,71% para Coliformes totais e 82,54% para E coli.

De acordo com a portaria da FEPAM 68/2019, a qual define alguns padrões para o lançamento de efluentes sanitário no solo, para uma faixa de vazão de 2 m³/dia a concentração de SST não deve ultrapassar 300 mg/L, valor condizente com o resultado da segunda campanha, já na primeira campanha o valor ultrapassou 50 mg/L do definido na portaria.

Os sistemas de *Wetland* apresentam-se como sendo de baixo custo de implantação sendo que Sabei (2013), implantou uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural colônia mergulhão, São José dos Pinhais – PR, dimensionada para 160 pessoas, para tal ela teve um custo total de R\$ 3.473,00, o que representa uma média de R\$ 21,00 por pessoa. Para a construção apenas do *wetland*, Teske (2016) gastou R\$ 2.750,83 em um sistema dimensionado para uma residência com três moradores.

6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste projeto atingiu seu objetivo principal que era proporcionar a propriedade um sistema de tratamento eficaz e de baixo custo de implantação. O valor gasto para realização do projeto foi de R\$ 728,00, tendo-se então um sistema de baixo custo de implantação quando comparado com outros sistemas.

Os resultados foram positivos, uma vez que o sistema apresentou eficiência superior a 52,57% na remoção de SST, e possibilitou até 98,49% na redução de *E. coli*. A espécie *Hedychium Coronarium* apresentou boa adaptabilidade ao esgoto gerado na propriedade, sendo que não foram registradas mortes das plantas.

REFERÊNCIAS

ADANS, L.; **avaliação da eficiência do tratamento de esgoto doméstico através de tanque séptico de câmara única - estudo de caso**. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí, 2012. Disponível em: <bibliodigital.unijui.edu.br> Acesso em: 16 jun 2019.

ALMEIDA, R. A.; OLIVEIRA, L. F. C.; KLIEMANN, H. J. **Eficiência de espécies vegetais na purificação de esgoto sanitário**. 2007. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Associação brasileira de normas técnicas - ABNT NBR 7229: **Projeto, construção e execução de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, 1993.

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

CEBALLOS, B. S. O. de. **Utilização de Indicadores Microbiológicos na Tipologia de Ecossistemas Aquáticos de Trópico Semi – Árido**. 2000. Tese (Doutorado em Microbiologia) – Instituto de Ciências Biomédicas. São Paulo: Universidade de São Paulo, p.192.

CEVE, A. **Avaliação de Wetland Construído de Fluxo Subsuperficial Horizontal para o Tratamento de Esgotos Sanitários**. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Tecnológica do Paraná. Departamento Acadêmico de Química e Biologia, UTFPR, Curitiba, PR, p. 52, 2015.

COLARES, C. J. G; SANDRIL, D.; **Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte**. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 8, n.1, 2013. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n1/13.pdf> Acesso em: 10 jul 2019.

COSTA, S. P. **Avaliação do potencial de plantas nativas no Brasil no tratamento de esgoto doméstico e efluentes industriais em “Wetlands” construídos**. 119 p. Tese (Doutorado em Sistemas de Processos Químicos e Informática), Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, SP, 2004.

CLEMES, B. A.; CRIPPA, B. L.; FINKLER, R.; HAMM, S. J. **Diferentes aplicações do tratamento de águas residuárias com macrófitas aquáticas e wetlands construídos**. In: 6º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, 2018. Disponível em: <siambiental.ucs.br/congresso/getArtigo.php?id=526&ano=_sexto>. Acesso em: 14 out 2018.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (FEPAM) **PORTARIA N° 68, DE 8 DE JULHO DE 2019**. Dispõe sobre os critérios para disposição final de efluentes líquidos sanitários e efluentes líquidos industriais em solo no Estado do Rio

Grande do Sul. Disponível em: <www.legisweb.com.br/legislacao/?id=379605&cmp=75> Acesso em : 14 ago 2019.

IAQUELI, A. L.; **wetlands construídos: aplicações, benefícios e vantagens do sistema**. Centro Universitário Do Instituto Mauá De Tecnologia, São Paulo, 2016. Disponível em: <www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Artigo-sobre-wetlands.pdf> Acesso em: 09 jul 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Arquivo eletrônico (on-line). Disponível em: <www.censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 04 out. 2018.

MACKENZIE, L. D. **Water and wastewater engineering: Design principles and practice**. Ed. McGraw-Hill Companies. 2010. Disponível em: www.accessengineeringlibrary.com/browse/water-and-wastewater-engineering-design-principles-and-practice>. Acesso em: 14 out 2018.

MARTINETTI, T.H.; TEIXEIRA, B.A.; SHIMBO, I. **Sistematização e comparação de alternativas mais sustentáveis para tratamento local de efluentes sanitários residenciais**. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007. Anais do 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em: <www.elecs2013.ufpr.br>. Acesso em: 04 out. 2018.

MARTINS, C. A. da; NOGUEIRA, N. O.; RIBEIRO, P. H.; RIGO, M. M.; CANDIDO, A. de O. **A dinâmica de metais-traço no solo**. Rev. Bras. Agrociência, v.17, n. 3-4, p. 383 – 391, 2011.

MEES, J. B. R. et al. **Removal of organic matter and nutrients from slaughterhouse wastewater by using Eichhornia crassipes and evaluation of the generated biomass composting**. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 466-473, 2009. Disponível em: <www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000300013> Acesso em: 08 jul 2019.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4 ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. New York: McGraw -Hill, 2003. Disponível em: <allbookserve.org/downloads/metcalfe_and_eddy_wastewater_engineering_free.pdf>. Acesso em: 10 out 2018.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diagnósticos dos serviços de água e esgotos – 2016**. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br>> Acesso em: 21 nov. 2018.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE (OPAS) – OMS; **Relatório Levels and Trends in Child Mortality**, 2017.

PHILIPPI, L. S. SEZERINO, P. H. **Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: Utilização de Filtros Plantados com Mácrófitas**. Florianópolis, ed. do Autor, 2004. p.144

POÇAS, C. D. et al.; **Panorama das macrófitas e substratos aplicados nos jardins filtrantes no Brasil**. In: 3° SIMPÓSIO SOBRE WETLANDS CONSTRUIDOS 2017, Campo Grande, MS, Brasil. Anais. In: 3° SIMPÓSIO SOBRE WETLANDS CONSTRUIDOS. Campo Grande, MS, Brasil: Wetlands Brasil, 2017.

POLANCO, S. S. F. **Estudo de Alternativas de Tratamento de Esgotos Domésticos – Bacia do Rio Sarapuí / Bangu**. p. XI – 209. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2016.

SABEI, T. R.; **Implementação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural colonia mergulhão, São José dos Pinhais – PR**. Universidade Federal Do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/50910/R%20-%20E%20-%20THAYZE%20ROCHELE%20SABEI.pdf> Acesso em: 10 jul 2019.

SALATTI, E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. *Biológico*, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, jan./dez. 2003. Disponível em: <www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v65_1_2/salatti.pdf>. Acesso em: 26 out 2018. VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais**: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2005. v. 1.

SEZERINO, Pablo H. **Tratamento de esgotos em wetlands: limites e possibilidades**. 2012. Disponível em: <www.youtube.com/watch?v=gUSINXdlgeE>. Acesso em: 06 nov 2018.

SILVA, A.E da. **Tecnologia de Tratamento, Polimento e Reciclagem de Água por Zona de Raízes**. Portal Tratamento de Água, 2008. Disponível em: <www.tratamentodeagua.com.br>. Acesso em: 13 out 2018.

SOUZA, A. B. M.; **avaliação do desempenho de um wetland construído na etapa de polimento final de uma estação compacta de tratamento de esgoto doméstico**. Centro Universitário UNIVATES, Curso De Engenharia Ambiental, Lajeado, 2015.

TESKE, F. F.; **construção de um wetland híbrido para polimento de efluente doméstico**. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Instituto De Pesquisas Hidráulicas E Escola De Engenharia, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/156540/001017450.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 11 jul 2019.

VAN KAICK, T. S. **Estação de tratamento de esgoto por meio de zona de raízes: uma proposta de tecnologia apropriada para saneamento básico no litoral do Paraná**. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

VAN KAICK, T. S., MACEDO, C. X. e PRESZNHUK, R. A. O. **Parasitoses intestinais como indicadores da inadequação da infra-estrutura de saneamento – estudo de caso Ilha Rasa/Paraná**. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas

Ambientais e Saúde – 5 CBPAS, 2005, Santos. Anais do V CBPAS, Santos: COPEC.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós tratamento de efluentes sanitários: Wetlands Construídos utilizando brita e bambu como suporte.** 2008. 189 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ZERWES, F. V. **Sistema de tratamento e reuso de águas residuárias em Pequenas propriedades rurais: acompanhamento e operação de Estação no vale do rio pardo – RS.** 2013. 69 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental – Mestrado e Doutorado) - Universidade de Santa Cruz do Sul, 2013. Disponível em: <unisc.br/pt/cursos/todos-os-cursos/mestrado-doutorado/mestrado/mestrado-e-doutorado-em-tecnologia-ambiental/dissertacoes-defendidas>. Acesso em: 13 out 2018.