

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA APLICADA E
SUSTENTABILIDADE - MESTRADO PROFISSIONAL CAMPUS RIO VERDE

SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO:
SOLUÇÃO PARA ASSENTAMENTOS RURAIS

Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Lucas Peres Angelini

Discente: Leonardo Reginaldo Pereira

RIO VERDE - GO
SETEMBRO – 2023

LEONARDO REGINALDO PEREIRA

**SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: SOLUÇÃO
PARA ASSENTAMENTOS RURAIS**

Dissertação apresentada à banca examinadora como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde - Área de concentração (Engenharia Aplicada e Sustentabilidade).

Orientador: Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

Coorientador: Prof. Dr. Lucas Peres Angelini

**RIO VERDE - GO
SETEMBRO – 2023**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

P436s Pereira, Leonardo Reginaldo
 Sistema descentralizado de esgotamento sanitário:
 solução para assentamentos rurais / Leonardo
 Reginaldo Pereira; orientador Dr. Édio Damásio da
 Silva Júnior; co-orientador Dr. Lucas Peres
 Angelini. -- Rio Verde, 2023.
 58 p.

 Dissertação (Mestrado em Engenharia Aplicada e
 Sustentabilidade) -- Instituto Federal Goiano,
 Campus Rio Verde, 2023.

 1. Saneamento rural. 2. Alternativa
 descentralizada. 3. Esgoto. I. Silva Júnior, Dr. Édio
 Damásio da, orient. II. Angelini, Dr. Lucas Peres,
 co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Leonardo Reginaldo Pereira

Matrícula:

2021202331440007

Título do trabalho:

Sistema descentralizado de esgotamento sanitário: solução para assentamentos rurais

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 31 / 10 / 2023

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

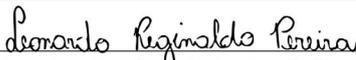
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde-GO

Local

31 / 10 / 2023

Data



Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 75/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO: SOLUÇÃO PARA ASSENTAMENTOS RURAIS

Autor: Leonardo Reginaldo Pereira
Orientador: Dr. Édio Damásio da Silva Júnior

TITULAÇÃO: Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Área de Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

APROVADO em 29 de setembro de 2023.

Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior (Presidente)

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira (Avaliador interno)

Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira (Avaliador externo)

Prof.ª Dr.ª, Maria Rosilene Bezerra Rodrigues (Avaliadora externa)

Documento assinado eletronicamente por:

- Geraldo Andrade de Oliveira, Geraldo Andrade de Oliveira - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Ifg (1), em 05/10/2023 17:11:32.
- Marconi Batista Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/10/2023 09:37:03.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/10/2023 09:35:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/09/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 533249
Código de Autenticação: d7c5d46c9d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3624-1000



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 97/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Unidade do IF Goiano:	Campus Rio Verde	
Programa de Pós-Graduação:	Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	
Defesa de:	Dissertação	Defesa de número: 67
Data: 01/09/2023	Hora de início: 08:00h	Hora de encerramento: 11:00h
Matrícula do discente:	2021202331440007	
Nome do discente:	Leonardo Reginaldo Pereira	
Título do trabalho:	Sistema descentralizado de esgotamento sanitário: solução para assentamentos rurais	
Orientador:	Édio Damásio da Silva Júnior	
Área de concentração:	Engenharia Aplicada e Sustentabilidade	
Linha de Pesquisa:	Eficiência Energética e Sustentabilidade	
Projeto de pesquisa de vinculação	Sistema descentralizado de esgotamento sanitário: solução para assentamentos rurais	

Titulação:	Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade
------------	--

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Júnior (Presidente da banca), Prof. Dr. Geraldo Andrade de Oliveira (Avaliador interno), Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira (Avaliador Externo) e Profª. Dra. Maria Rosilene Bezerra Rodrigues (Avaliadora externa) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada de forma presencial, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **Leonardo Reginaldo Pereira**, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Édio Damásio da Silva Júnior, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGEAS da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IF Goiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Geraldo Andrade de Oliveira, Geraldo Andrade de Oliveira - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Ifg (1), em 05/10/2023 17:11:02.
- Marconi Batista Teixeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/10/2023 09:36:34.
- Edio Damasio da Silva Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 02/10/2023 09:33:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/09/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 533246
Código de Autenticação: 0915e0b91e



AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar comigo em todos os momentos, concedendo-me força e capacidade para realização desse trabalho. Agradeço aos meus pais pelo apoio e compreensão durante esse processo e à minha família pelo suporte.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Édio Damásio, por todo auxílio, pela paciência, compreensão, esclarecimentos que me concedeu durante a escrita da dissertação. Agradeço também ao professor Dr. Lucas Angelini por aceitar ser o coorientador deste trabalho.

Agradeço ao IF Goiano e ao Incra por poder participar do projeto em desenvolvimento e que serviu como base para este trabalho. Agradeço aos professores Dr. Frederico Loureiro, Dr. Marconi Batista, Dr. Geraldo Andrade que encabeçaram esse projeto e aos demais participantes que tiveram sua contribuição. Além da FUNAPE que proporcionou uma bolsa que me auxiliou durante a execução dessa pesquisa. Gostaria de agradecer também aos professores que participaram da banca de Qualificação junto ao orientador, são estes: Dr. Lucas Angelini, Dr. Wilker Morais e Dra. Rosenilde Paniago. Agradeço aos membros componentes da banca de defesa da Dissertação que são os professores Dr. Édio Damásio, Dr. Marconi Batista, Dr. Geraldo Andrade e a Diretora do Incra, Dra. Maria Rosilene.

Agradeço também aos colegas e professores que trilharam o caminho do Mestrado comigo durante esses dois anos, e ao IF Goiano Campus Rio Verde pela oportunidade de poder participar de um Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Leonardo Reginaldo Pereira, natural da cidade de Edealina, Goiás, nascido em 07 de julho de 1998, filho de Edmar Reginaldo Pereira e Aleandra Justina de Sousa Pereira. Realizou o Ensino Fundamental e Médio no Colégio Integração em Pontalina, Goiás. Em 2016, ingressou no curso de Bacharelado em Engenharia Civil no IF Goiano Campus Rio Verde, tornando-se graduado em março de 2021. Em setembro de 2021, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do IF Goiano Campus Rio Verde, realizando a defesa de sua dissertação em setembro de 2023.

RESUMO

O saneamento, no âmbito geral quanto nas suas derivações, no meio rural, por exemplo, é uma área complexa que envolve diferentes vertentes apresentando problemas, como o uso de alternativas defasadas para acesso aos serviços, que culminam em danos para as pessoas e meio ambiente, trazendo doenças de veiculação hídrica e a poluição. Esses problemas estão relacionados com alguns fatores como questões espaciais, as realidades divergentes entre as próprias unidades federativas e as regiões do Brasil e o desprestígio da zona rural para os investimentos. Como solução para isso, tem-se as medidas descentralizadas que possibilitam maior disponibilidade, segurança e menos dificuldades quanto às distâncias, para a realidade dos assentamentos. O objetivo do trabalho foi projetar um sistema visando o esgotamento sanitário para as residências dos assentamentos Rio Verdinho e Pontal do Buriti, em Rio Verde-GO, constituído por tanque séptico, filtro anaeróbio e círculo de bananeiras, abrangendo o dimensionamento, o orçamento e a viabilidade técnica e econômica. A metodologia consistiu no cálculo das dimensões dos dispositivos e tubulações, baseando em normas e fazendo adaptações necessárias, realização do quantitativo dos materiais para implantação do conjunto, estipulação do custo por etapa e total para implantação por meio de planilha utilizando para referência dos preços, a tabela SINAPI não desonerada do mês de maio de 2023 e pesquisa em sites, além da análise sobre a viabilidade técnica e econômica das etapas. Os principais resultados obtidos foram tubulações principais de 100 mm de diâmetro, volume de 1500 litros para o tanque séptico, 1000 litros para o filtro anaeróbio, além do círculo de bananeiras com 2 metros de diâmetro e 0,8 metro de profundidade. Para o orçamento, o valor total obtido foi de R\$ 5.092,09 para uma residência com três pessoas. Quanto à viabilidade das etapas, a utilização de maquinários trazendo maior rapidez e menor esforço físico dos trabalhadores é um ponto positivo, em contrapartida, os valores dos fretes e a interferência das questões de mercado no preço dos materiais são pontos negativos. Portanto, o sistema é uma alternativa viável de ser implantada, principalmente pelo processo construtivo menos trabalhoso e custo mais acessível comparado a métodos tradicionais, com a implantação podendo ser facilitada caso haja apoio de órgãos competentes, além de resultar em benefícios tantos sociais quanto ambientais.

Palavras-chaves: saneamento rural, alternativa descentralizada, esgoto.

ABSTRACT

Sanitation, in general and in its derivations, in rural areas, for example, is a complex area that involves different aspects, presenting problems, such as the use of outdated alternatives for access to services, which culminate in damage to people and the environment, bringing waterborne diseases and pollution. These problems are related to some factors such as spatial issues, the divergent realities between the federative units themselves and the regions of Brazil and the lack of prestige of rural areas for investments. As a solution to this, there are decentralized measures that enable greater availability, security and fewer difficulties regarding distances, for the reality of settlements. The objective of this work was to design a system aimed at sanitary sewage for homes in the Rio Verdinho and Pontal do Buriti settlements, in Rio Verde-GO, consisting of a septic tank, anaerobic filter and circle of banana trees, covering the sizing, budget and technical and economic feasibility. The methodology consisted of calculating the devices and pipes dimension, based on standards and making the necessary adaptations, carrying out the quantity of materials for set implantation, stipulation of the cost per stage and total for implantation through a spreadsheet used for price reference, the unencumbered SINAPI table for the month of May 2023 and research on sites, in addition to the analysis of the technical and economic feasibility of the steps. The main results obtained were main pipes of 100 mm in diameter, volume of 1500 liters for the septic tank, 1000 liters for the anaerobic filter, in addition to the circle of banana trees with 2 meters in diameter and 0,8 meters deep. For the budget, the total amount obtained was R\$ 5,092.09 for a residence with three people. As for the viability of the stages, the use of machinery bringing greater speed and less physical effort from workers is a positive point, on the other hand, freight rates and the interference of market issues in the price of materials are negative points. Therefore, the system is a viable alternative to be implemented, mainly due to the less laborious construction process and more affordable cost compared to traditional methods, with implementation being able to be facilitated if there is support from competent bodies, in addition to resulting in both social and environmental benefits.

Keywords: rural sanitation, decentralized alternative, sewage.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Justificativa.....	1
1.2 Revisão de Literatura.....	3
1.2.1 Contextualização do saneamento.....	3
1.2.2 Saneamento rural.....	6
1.2.3 Descentralização do esgotamento sanitário.....	8
1.2.4 Esgotamento sanitário.....	9
1.2.5 Tratamento de esgoto.....	10
1.2.6 Tanque séptico.....	11
1.2.7 Filtro anaeróbio.....	13
1.2.8 Outros sistemas descentralizados.....	14
1.2.9 Destinação do esgoto.....	15
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral.....	17
2.2 Objetivos Específicos.....	17
3 REFERÊNCIAS.....	18
4 CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1.....	23
4.1 Introdução.....	26
4.2 Metodologia.....	28
4.2.1 Definição da área de estudo.....	28
4.2.2 Avaliação dos sistemas.....	29
4.2.3 Projeto das unidades.....	30
4.2.4 Avaliação do destino.....	34
4.3 Resultados e Discussão.....	35
4.3.1 Dimensões dos dispositivos, tubulações e volumes de escavação.....	35
4.3.2 Escolha e limpeza da área.....	39
4.3.3 Escavação, escoramento e preparo da vala.....	40
4.3.4 Montagem e instalação do sistema.....	43
4.3.5 Reaterro da vala.....	46

4.3.6 Orçamento final.....	49
4.4 Conclusão.....	51
4.5 Referências.....	52
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
6 ANEXOS.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma com etapas da metodologia.....	28
Figura 2: Componentes do sistema.....	31
Figura 3: Ilustração sobre o sistema.....	31
Figura 4: Etapas para implantação do sistema.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índice de atendimento no país com relação às áreas do saneamento com base em dados de 2021.....	5
Tabela 2: Informações dos assentamentos.....	29
Tabela 3: Dimensionamento do tanque séptico.....	35
Tabela 4: Dimensionamento do filtro anaeróbio.....	36
Tabela 5: Círculo de bananeiras.....	36
Tabela 6: Dimensões, áreas, volumes escavados, reaterros das valas do sistema.....	37
Tabela 7: Custo para limpeza da área do sistema.....	39
Tabela 8: Custo para escavação, escoramento e preparo da vala.....	40
Tabela 9: Custo para montagem e instalação do sistema.....	43
Tabela 10: Custo para reaterro da vala.....	47
Tabela 11: Orçamento final do sistema.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Fases do tratamento de esgoto com respectivo foco e mecanismos.....	11
---	----

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O saneamento básico abrange quatro áreas principais: o abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de água pluvial, as quais estão descritas detalhadamente na Política Nacional do Saneamento Básico, por meio da Lei Nº 14.026 de 2020. Essa política é um marco importante, trazendo diretrizes sobre esse assunto, como a garantia para toda a população do acesso aos serviços vinculados a essas áreas principais, englobando, inclusive, as populações rurais, as quais podem ser contempladas com soluções referentes ao saneamento, que estejam em conformidade com o aspecto social e econômico dos moradores (BRASIL, 2020).

No Brasil, mesmo com todas as legislações referentes ao saneamento, percebe-se uma defasagem quanto ao cumprimento de fato do que foi determinado, principalmente quando se analisa o contexto das zonas rurais, onde a situação se agrava. Nas zonas urbanas, esse abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto são caracterizados pelo uso de estruturas como as redes, as ETAs (Estações de Tratamento de Água) e ETEs (Estações de Tratamento de Esgoto), além de fazer a captação da água e o despejo do efluente tratado em corpos hídricos. Contudo, ainda há cidades que apresentam essa infraestrutura de forma precária ou têm ausência, deixando, por exemplo, o esgoto exposto, percorrendo vias ou possibilitando perda de água através das tubulações.

Em contrapartida ao cenário do saneamento na zona urbana, nas zonas rurais ainda há o uso de medidas inadequadas tanto para abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos que impactam diretamente não somente na qualidade de vida dos moradores, mas no meio ambiente.

Especificamente sobre o esgotamento sanitário, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), através do censo, nota-se que a situação ainda é mais alarmante, as redes de coleta representam um percentual minoritário, prevalecendo alternativas como fossas rudimentares, valas e corpos hídricos para o despejo do afluente.

O Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, INCRA (2022), por meio de um painel de assentamentos, demonstra que existem cerca de 9374 assentamentos no Brasil, representando 972289 famílias que habitam nesses locais. Em Goiás, são 309 assentamentos, com 13405 famílias morando nessas áreas.

Nesses assentamentos, percebe-se que, quanto à coleta e tratamento de esgoto, existem dificuldades consideráveis, a localização é um exemplo, quanto mais distantes dos centros urbanos, mais difícil o acesso ao modelo tradicional de esgotamento sanitário, quando o afluente é coletado através de uma rede conectada às residências e encaminhado para tratamento numa estação. Além disso, a construção de uma ETE no assentamento, por causa da complexidade da obra, demanda grande quantidade de recursos financeiros e mão de obra, além dos custos maiores com operação e manutenção.

Ademais, nota-se que em muitas dessas comunidades rurais, as residências caracterizam-se por serem mais afastadas uma das outras, dificultando, então, a construção de uma rede, por exemplo, privilegiando assim a adoção de medidas individuais inapropriadas quanto à questão das vertentes do saneamento, até mesmo pensando na questão da viabilidade financeira dos moradores. No caso do esgoto, o uso dessas medidas inadequadas pode acarretar prejuízo ou contaminação tanto do solo, quanto da água.

Outra questão é que uma vez contaminado o solo ou a água, cresce a possibilidade de ingestão de patógenos, através da água para consumo, desencadeando doenças de veiculação hídrica como cólera, disenteria, febre tifoide, entre outras, que podem até ocasionar mortes. Outrossim, uma vez que o assentado esteja doente, toda a sua atividade laboral ficará comprometida. Essa situação poderia ser atenuada caso fosse seguido o que a Funasa (2023) relata, esta afirma que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, economiza-se R\$ 9,00 com gastos relacionados a saúde pública.

Observando o contexto do saneamento rural, as medidas descentralizadas do saneamento constituem uma opção viável, já que, em determinados sistemas, não são tão onerosas para implantação, além de ter facilidade quanto à operação e manutenção. Permitem ainda que os moradores não tenham danos expressivos para a questão da saúde, reduzem as interferências negativas nos corpos hídricos, possibilitam que o efluente possa ser disposto no solo com segurança, além de proporcionar retornos aos habitantes desses locais rurais, por exemplo, com a possibilidade do reúso da água em atividades para fins que não seja consumo humano.

1.2 Revisão de Literatura

1.2.1 Contextualização do saneamento

Quando se atenta para o histórico ou desenvolvimento do saneamento básico no Brasil, percebe-se que essa questão apresenta defasagem desde os primeiros indícios de preocupação com o tema, por volta da metade do século XX, pois, nessa época, os países desenvolvidos preocupavam com esse assunto de forma mais avançada, enquanto o Brasil apresentava deficiências graves (SANTOS et al., 2018).

A mudança de comportamento da população, com o avanço da urbanização e dos seus efeitos, impulsionou a discutir a questão com mais relevância, e surgiram os primeiros aportes financeiros para a melhora do saneamento, por volta dos anos 1960. Já na primeira década do século XXI, foi estabelecido um marco regulatório, que norteia esse tema no país, a Política Nacional do Saneamento Básico, através da Lei Nº 11.445 que foi criada em 2007 (SANTOS et al., 2018).

Essa política foi recentemente atualizada por meio da Lei Nº 14.026 de 2020, sendo caracterizada como novo marco do saneamento, e como principais pontos, pode-se destacar a definição de quatro grandes áreas: abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, coleta e destinação de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais. Existe também a meta de atingir a universalização do saneamento até 2033, ultrapassando índices maiores que 90% tanto para abastecimento de água quanto para coleta e tratamento de esgoto da população brasileira. Ademais, destacam-se menos entraves para que a iniciativa privada atue no setor de saneamento e certo enrijecimento da legislação concernente à necessidade de licitações para concessões e prazos estabelecidos para cumprimento da destinação mais adequada para os resíduos sólidos (LEITE; MOITA NETO; BEZERRA, 2022).

Essa política gera debates entre defensores e opositores, podendo ocorrer a privatização desses serviços, podendo, então, na visão dos defensores, permitir que se tenha mais verba para aportar no setor e melhorá-lo. Já os opositores argumentam que tornará o serviço mais caro, com as companhias preterindo a qualidade em função do lucro, prejudicando as pessoas que moram em regiões distantes das cidades, como os que habitam em zonas rurais (FERREIRA; GOMES; DANTAS, 2021). Em abril de 2023, novamente as

alterações são discutidas nesse marco do saneamento, com execução de Decretos da Presidência da República, Decreto Nº 11466 e Decreto Nº 11467, que trazem nos textos pontos importantes como os novos prazos que seriam concedidos para empresas públicas com relação à universalização do saneamento, além da supressão da necessidade de licitações para prestação de serviços regionalizados. Essas alterações levantaram debate, principalmente em relação ao histórico de atuação das empresas públicas nesse setor e a preocupação de como afetaria os investimentos do setor privado nessa área (SION, 2023). Em julho de 2023, é publicado o Decreto Nº 11598 pela presidência, que tem como foco elucidar diretrizes, requisitos, critérios para que possa ser atestada a capacidade econômico-financeira por parte de quem oferece os serviços relacionados ao abastecimento de água e esgotamento sanitário de forma que garanta o cumprimento da meta de universalização (BRASIL, 2023).

No Brasil, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021), cerca de 65% das cidades têm seus serviços de saneamento diretamente ligados a agências infranacionais, sendo tanto estadual, municipal, intermunicipal e distrital. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (2023), com base em dados de 2021, a média de 84,2% da população total é atendida com água, sendo que esse atendimento é prestado, na maior parte, por administração pública direta e autarquias. Destaca-se ainda que 40,3% da água potável não são contabilizadas ou são perdidas durante a distribuição, e nota-se que as regiões Norte e Nordeste apresentam menores atendimentos.

Para o esgoto, o SNIS (2023) relata dados mais preocupantes, tendo como base o ano de 2021, constata-se que há uma média de atendimento à população de somente 55,8%, e apenas 51,2% desse esgoto gerado é tratado. Ademais, para o atendimento de água, no esgoto, prevalece a prestação de serviço por meio de administração pública direta e autarquias. As regiões Norte e Nordeste são mais alarmantes nessa área.

Quanto aos resíduos sólidos, o SNIS (2023) relata melhora significativa, baseado em dados de 2021, a média de aproximadamente 89,9% da população é atendida com esse serviço. Estima-se que a destinação, na maioria, é para aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Contudo, destaca-se o baixo índice de coleta seletiva, com apenas 32% dos municípios abrangendo esse tópico. Para corroborar essa ideia, a Abrelpe (2020) aponta, por meio do panorama dos resíduos sólidos no Brasil em 2020, que de 2010 para 2019, não se percebe grande evolução quanto a minimização do envio desses tipos de produto para locais

impróprios já que houve decréscimo de apenas 3%, apresentando ainda porcentagem significativa na destinação inadequada desses materiais.

Ainda de acordo com dados de 2021, o SNIS (2023) relata que, para as águas pluviais, percebe-se que somente 43,5% dos municípios brasileiros possuem rede específica para drenagem das águas pluviais, e cerca de 17% dos municípios não possuem sistema para drenagem. Na tabela 1, tem-se a porcentagem de atendimento para água, esgoto e resíduos sólidos de cada região e a geral, respectivamente, com base em dados de 2021.

Tabela 1: Índice de atendimento no país com relação às áreas do saneamento com base em dados de 2021

Índices de atendimentos no Brasil para áreas do saneamento (%)						
Áreas	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sul	Sudeste	Brasil
Água	60	75	90	91	91	84
Esgoto	14	30	62	48	82	56
Resíduos Sólidos	79	82	91	92	85	90

Fonte: SNIS (2023)

Quando se analisa a situação para o estado de Goiás, percebe-se que há acompanhamento do que é a tendência no país em si, em que o atendimento para coleta e tratamento de esgoto se encontra com índices mais baixos quando comparado com o atendimento para água e coleta de resíduos sólidos. Ademais, percebe-se que no estado de Goiás a questão da drenagem das águas pluviais apresenta índices maiores em relação ao índice geral do país, tanto para municípios que tenham rede de drenagem específica, quanto para aqueles que não têm (SNIS, 2023).

É válido ressaltar que há diferença entre saneamento básico e saneamento ambiental. O saneamento básico, segundo Brasil (2020, Art. 3º) é o “conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas”. Já o saneamento ambiental engloba aspectos sociais e econômicos que convergem para o alcance de condição ambiental saudável para população (HOLGADO-SILVA et al., 2014).

É muito importante destacar quais são as consequências da falta de saneamento, sendo a primeira as doenças, principalmente aquelas que são provocadas por ingestão de água contaminada. Nesse caso, os grupos de pessoas que ficam mais suscetíveis as enfermidades são principalmente idosos e crianças. As principais doenças que se pode destacar são: diarreia, cólera, febre tifoide, amebíase, entre outras. Ademais, é comum que ocorra um número alto de pacientes hospitalizados (PAIVA; SOUZA, 2018).

Outro item que pode ser citado é a mortalidade infantil, vários estudos relatam que existe relação desta com o saneamento básico, sendo que, como já descrito anteriormente, as crianças são um grupo populacional mais propenso de ser acometido por doenças, quando se junta a essa questão uma infraestrutura deficitária e medidas inadequadas de saneamento, há elevação nos casos de óbitos. Dessa forma, fica nítido que abastecimento com água adequada para consumo, coleta de esgoto com infraestrutura adequada e destinação correta para os resíduos sólidos são fatores que colaboram para redução da mortalidade infantil (SILVA et al., 2023).

Outros fatores são importantes de serem ressaltados, o primeiro deles é o número de internações e, conseqüentemente, o custo dessas. Em 2021, no Brasil, foram realizadas mais de 128 mil internações por doenças de veiculação hídrica que resultaram em gastos de mais de 54 milhões de reais, sendo que a maioria dessas internações aconteceram nas regiões Norte e Nordeste (PAINEL SANEAMENTO BRASIL, 2023). O segundo fator é a falta de saneamento que acarreta prejuízos educacionais e econômicos, afetando negativamente tanto o rendimento de estudantes quanto a geração de novas oportunidades de emprego (GARCIA; FERREIRA, 2017). Ademais, pode-se citar ainda que a falta de saneamento reforça o acontecimento de pobreza recorrente e incentiva para que aconteçam prejuízos para o meio ambiente (CARCARÁ; SILVA; MOITA NETO, 2019).

1.2.2 Saneamento rural

As questões envolvendo o saneamento aplicado para comunidades rurais apresentam algumas particularidades e empecilhos, como as distâncias dos assentamentos para os centros urbanos, a forma de disposição das residências desses locais, além do déficit de atenção aos moradores rurais por parte de autoridades competentes, entre outros. Esse déficit pode ser ressaltado quando se atenta para o fato que, nos censos realizados, informações essenciais

para averiguar a condição do saneamento rural são preteridas ou relegadas, por exemplo, se ocorre o abastecimento contínuo da água, se existe um tratamento adequado para o esgoto. Como consequência, há persistência do uso de técnicas inadequadas que trazem prejuízos tanto para habitantes quanto para o meio ambiente, como a disposição de esgoto no solo, queima de resíduos e consumo de água sem desinfecção (BRASIL, 2019).

Para corroborar esse cenário do saneamento rural no Brasil, basta olhar para o censo de 2010, que relata para o abastecimento de água, cerca de 55% dos domicílios dos assentamentos adotam poços ou nascente, e 28% utilizam a rede. Para o esgoto, cerca de 64% desses domicílios destinam o efluente para fossas rudimentares, sendo que 16% destinam para valas e corpos hídricos, e apenas 4% encaminham para a rede geral. Para os resíduos sólidos, cerca de 58% dos domicílios destinam o resíduo para a queima e 11% deixam em vias, terrenos baldios, valas, etc (BRASIL, 2019).

Em Goiás, Vale, Ruggeri Júnior e Scalize (2022) realizaram um estudo em diversos assentamentos do Estado de Goiás referente ao esgotamento sanitário, e puderam comprovar que a maioria das águas cinzas e águas negras que compõem o esgoto são encaminhadas diretamente para o solo ou para fossas indevidas, logo corroborando com o cenário que foi apontado nacionalmente.

Ainda sobre esse censo, pode-se observar que o analfabetismo e a raça são fatores que influenciam a temática abordada, os domicílios ocupados por pessoas com baixa ou nenhuma escolaridade, os indígenas e os pretos ou pardos apresentam porcentagens maiores de abastecimento de água sem canalizações, destinação de esgoto para fossas rudimentares ou corpos hídricos, além da queima ou disposição inadequada dos resíduos sólidos, quando comparados com quem possui alfabetização melhor ou com pessoas da raça branca (BRASIL, 2019).

Destaca-se ainda que, concernente à gestão do saneamento rural por parte do Estado, percebe-se que entre 2004 e 2019, com os programas governistas executados, as ações para esse assunto foram minoritárias, além de não ocorrer a centralização para um órgão competente executar as ações. Pelo contrário, diferentes ministérios integrantes do governo, como o da Saúde e do Meio Ambiente, além do Incra, foram os principais órgãos que executaram ações direcionadas para a população rural (BRASIL, 2019).

Dito isso, essa questão ganhou enfoque a partir do momento que, decorrente da Política Federal do Saneamento Básico, foi instituído o Plano Nacional de Saneamento Básico

(Plansab), esse plano traz o Saneamento Rural como um dos seus programas principais. Nesse programa, uma das diretrizes é abranger diferentes povos que fazem parte do meio rural, trazendo soluções que estejam compatíveis com a realidade. Algumas das medidas que podem ser adotadas englobam quatro áreas: gestão, educação, participação e controle social (BRASIL, 2019).

Quando se atenta para os assentamentos, percebe-se que ocorre um agrupamento de lotes que são concedidos às famílias que terão nas atividades de agricultura a fonte para sua sobrevivência, não podendo a família residente no lote realizar a sua venda, por exemplo, sem consentimento do Incra. Ademais, na formação desses, podem acontecer de ter outros tipos de edificações, como igrejas, escolas, entre outros. O Incra é um órgão essencial durante todo o processo do surgimento do assentamento, atua tanto na criação quanto no controle dos lotes dos assentamentos. Esse órgão delimita quantos serão criados com seus respectivos tamanhos, obedecendo a critérios específicos, além de deter o controle até que seja transferido, de fato, para o morador da habitação no lote (INCRA, 2022).

Durante esse processo de criação do assentamento e instalação das famílias, pode-se dizer que os residentes nesses locais possuem os mesmos direitos básicos que os moradores do município próximo ao assentamento, como acesso à eletricidade, saúde e educação, por exemplo. Outro aspecto é o incentivo dado pelo órgão através de créditos fornecidos às famílias e a possibilidade de participar de programas do próprio órgão ou outros nacionais. Existem diferentes modalidades de assentamentos no Brasil, sendo que são subdivididas em dois grupos que se diferenciam, por meio de duas vertentes: a criação de novos assentamentos e o reconhecimento de áreas. No total, são 14 modalidades, cada uma com suas respectivas siglas e características (INCRA, 2022).

1.2.3 Descentralização do esgotamento sanitário

Esses tipos de medidas possuem como característica proporcionar a coleta, tratamento e disposição da água, esgoto ou resíduos sólidos, no próprio local em que os serviços são utilizados. Apresentam alternativas que podem estar em concordância com a realidade econômica e social do local de implantação, e podem incentivar a questão da sustentabilidade (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009).

No entanto, é importante destacar que algumas dificuldades para implantação precisam ser superadas, como a questão cultural, já que os moradores das comunidades rurais devem ser parte atuante na decisão de qual a melhor medida que se adapte à realidade, deixando esclarecidos quanto a possíveis dúvidas que surjam para esse tipo de solução, e quem usufruirá do sistema (TONETTI, 2018).

No âmbito financeiro, a medida também precisa apresentar custos de instalação, operação e manutenção que sejam viáveis para os usuários, e que possa incentivar a participação da população nas diferentes etapas da implantação, principalmente na construção. No aspecto ambiental, deve-se atentar para o tipo de esgoto que será gerado, as características do lençol freático, do solo, notar se há o espaço suficiente para execução, entre outras variáveis que devem ser analisadas (TONETTI, 2018).

Outro tópico relevante é sobre a gestão desses sistemas descentralizados, embora as prefeituras ou companhias sejam responsáveis pela gestão do saneamento nas cidades, (MESQUITA et al., 2021) relata que poucos Estados no Brasil possuem legislações que envolvam a gestão desse tipo de sistema no âmbito rural. Apesar disso, o benefício do uso dessas alternativas engloba não somente uma expansão do atendimento à população dos serviços de saneamento, mas beneficiam o meio ambiente, pois produzem efluentes com características que estão em concordância com o que é exigido pelas normas vigentes.

1.2.4 Esgotamento sanitário

O sistema de esgotamento sanitário é composto por dispositivos que atuam em diferentes aspectos. Na condução ou transporte do esgoto tem-se a rede coletora, o interceptor, o emissário e o sifão invertido. Para promover mudança de cota do esgoto, tem-se as estações elevatórias; para que possa ser realizado o tratamento, há as estações de tratamento de esgoto (ETEs) e para receber o líquido tratado, existe o corpo receptor (SOBRINHO; TSUTIYA, 2011). Além desses, podem ser incorporados órgãos acessórios com diferentes funções, descritos pela NBR 9649/1986 (ABNT, 1986).

Quando se pensa no sistema, é importante fazer a diferenciação entre a centralização e a descentralização, sendo que esses dois termos dizem respeito à forma como é correlacionada à coleta de esgoto e o posterior tratamento. Dessa forma, pode-se estabelecer um paralelo entre os dois casos apontando quais situações são mais adequadas. Em casos de tratamento do

esgoto próximo ao local de geração, áreas com baixas aglomerações populacionais, com necessidade de custos mais baixos e com possibilidade de tornar a água tratada um recurso para fins não potáveis, são indicados sistemas descentralizados. Em contrapartida, quando se tem aglomeração populacional alta, conseqüentemente, grandes volumes de esgoto, tem-se recurso inicial suficiente para construção de redes que buscam tratamento considerado pela população como mais confiável, o sistema centralizado é o mais comum (MESQUITA et al., 2021).

Analisando o contexto dos assentamentos rurais, os sistemas descentralizados são os mais indicados, principalmente pensando em fatores como a quantidade de moradores, a infraestrutura existente e o custo. Ademais, esse tipo de sistema torna-se flexível tanto na quantidade de residências que contribuem, podendo ser uma residência ou muitas que estejam próximas, quanto na quantidade de etapas do tratamento, que se pode ter a disposição o líquido tratado após uma ou mais etapas (SUBTIL; SANCHEZ; CAVALHERO, 2016). Outro fator que contribui para a questão é a operação, que possibilita ocorrer futuras alterações no sistema e não requer recurso humano com grande capacitação atuando no sistema (TONETTI, 2018).

1.2.5 Tratamento de esgoto

Ao efetuar o tratamento do esgoto e conceder a destinação adequada, evita-se vários problemas que estão diretamente ligados com parâmetros presentes no esgoto bruto. Por exemplo, ao remover a matéria orgânica, previne-se que a morte de animais seja causada; ao retirar os nutrientes, ocorre a contribuição para que seja minimizada a chance de eutrofização de corpos hídricos; ao eliminar micro-organismos patógenos, reduz-se a chance de acontecimento de doenças decorrentes da ingestão de água contaminada, entre outros (FUNASA, 2019).

O tratamento de esgoto divide-se em preliminar, primário, secundário e terciário, e faz uso tanto de processos físicos, químicos e biológicos. No caso do tratamento esgoto doméstico, os parâmetros mais relevantes são sólidos, matéria orgânica, nutrientes e micro-organismos patógenos (VON SPERLING, 2011). No quadro 1, são apresentados os enfoques para cada etapa do tratamento e os mecanismos utilizados.

Quadro 1: Fases do tratamento de esgoto com respectivo foco e mecanismos

Fases do tratamento de esgoto		
Tratamento	Foco	Mecanismo
Preliminar	Retirada de sólidos grosseiros e materiais inertes.	Gradeamento e desarenador
Primário	Retirada de sólidos que estejam em suspensão, mas são passíveis de sedimentação.	Decantador, tanque séptico, etc.
Secundário	Retirada de matéria orgânica, e, em alguns casos, de micro-organismos e nutrientes.	Reator UASB, filtro anaeróbio, lagoas de estabilização, wetlands construídas, lodos ativados etc.
Terciário	Auxilia na retirada das sobras dentro de parâmetros como poluentes, metais pesados, micro-organismo patógenos, entre outros.	Osiose reversa, ozonização, processos oxidativos avançados, lagoas de maturação, etc.

Fonte: FUNASA (2019)

Posteriormente, é preciso preocupar com o material derivado do tratamento, os chamados lodos, ou seja, é preciso que seja dada destinação adequada. Em alguns casos, esse material é encaminhado ou para o sistema de esgoto ou para aterros sanitários, no entanto essa destinação pode interferir negativamente nesses dois locais apontados. Dessa forma, esse material que pode ser considerado como um resíduo torna-se um instrumento para ser utilizado com outras funcionalidades, por exemplo, na agricultura, dependendo de sua composição, pode beneficiar propriedades do solo, além de poder fazer parte da estrutura de estradas e produção de materiais de construção e energia (URBAN; ISAAC; MORITA, 2019).

1.2.6 Tanque séptico

Esse dispositivo caracteriza-se por apresentar um formato circular ou prismático e é recomendado para ser adotado em locais em que não existe rede coletora de esgoto, logo são aplicáveis para os assentamentos. A composição interna do tanque é um fator que pode beneficiar o tratamento que acontece no interior do dispositivo, pois quando se tem um tanque com câmaras em série, a remoção dos sólidos no geral (suspensos e sedimentáveis) torna-se eficiente. A remoção da DBO apresenta-se como média, tendo em vista que o máximo que se atinge são 55% de remoção. Já para os sólidos suspensos, óleos e graxas, esse dispositivo

apresenta remoção satisfatória, visto que alcança porcentagens de 90% (CHERNICHARO, 1997).

O tipo de tratamento que acontece internamente é anaeróbio, ocorrendo geração de gases, e baseia-se na separação entre duas camadas do afluente: uma sólida que repousa sobre o fundo da câmara formando o lodo, além da parte líquida, chamada espuma (CHERNICHARO, 1997). Esse processo de digestão anaeróbia, que acontece sem a presença de oxigênio, é feito em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, tendo como produto os gases metano, dióxido de carbono além de energia. Ademais, a incorporação de material suporte no tanque séptico influencia nesse processo de digestão, ocasionando melhor remoção de DQO e sólidos totais (SILVA, 2018).

Esse tipo de dispositivo pode ser utilizado fazendo sua associação com outro mecanismo, como os filtros anaeróbios, por exemplo, para que traga maior eficiência na remoção de alguns parâmetros como DBO, nutrientes e patógenos. Importante destacar que o funcionamento do tanque séptico é influenciado pelo lodo residente em seu fundo, pois em excesso, impacta no volume, conseqüentemente, na operação do dispositivo.

A temperatura e o tempo de detenção hidráulico são dois fatores importantes do tanque séptico, pois temperaturas abaixo de 20° C possibilitam maior acúmulo de lodo no fundo. Além disso, tempos de detenção muito baixos, inferiores ao recomendado - entre 12 e 24 horas - interferem negativamente na sedimentação dos sólidos (CHERNICHARO, 1997).

O lodo proveniente do tanque séptico pode ser utilizado para promover a recuperação de solos degradados, pois apresenta nutrientes importantes para esse processo de recuperação, além de evitar a destinação inadequada para o lodo, favorecendo o meio ambiente (ROSA JÚNIOR et al., 2019).

O tanque séptico é um dispositivo normatizado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através da NBR 7229/1997, que traz diretrizes sobre quando é recomendado o uso desse dispositivo, como devem ser os materiais constituintes, relata todo o processo de dimensionamento, apresentando equações, dimensões do dispositivo em si e dos componentes auxiliares, além de recomendações sobre a construção e manutenção do tanque (ABNT, 1997).

1.2.7 Filtro anaeróbio

Esse dispositivo é composto por materiais filtrantes, tais como brita, seixo, anéis de plástico, além de poder ser feito in loco, com material constituinte sendo o concreto, ou pode ser pré-fabricado. O filtro tem uma característica peculiar, para ter um tratamento mais eficiente, é preferível que ocorra um pré-tratamento do afluente, podendo ser feito com o auxílio de tanque séptico (TONETTI, 2018).

Outros filtros com materiais como borracha de pneu e cerâmica de argila podem ser utilizados para que tragam maior eficiência na remoção de DQO, obedecendo à condição de que não haja a concentração alta de sólidos suspensos (BAETTKER et al., 2018). Destaca-se ainda que é recomendável que ocorra a limpeza do material filtrante para que não haja o entupimento desse por sólidos em excesso, processo chamado de colmatagem (CHERNICHARO, 1997).

O fluxo do esgoto dentro do filtro obedece a ascensão da parte inferior para a parte superior, sendo que ocorre a formação de lodo, que deve ser removido depois de um certo período, no fundo do dispositivo. Para que ocorra o tratamento é importante que haja a presença dos micro-organismos junto ao material filtrante, além disso, esse material deve estar envolvido pelo afluente (JORDÃO; PESSOA, 2014).

No filtro anaeróbio, fatores como temperatura, recirculação do efluente e velocidade superficial interferem no processo de tratamento do esgoto. Para a temperatura, o ideal é que seja mantido o sistema entre 25 e 38°C. A recirculação deve ser feita no máximo 10 vezes para não interferir negativamente na eficiência. No que diz respeito à velocidade superficial, deve-se preocupar em manter um valor que não possibilite a perda de sólidos.

Concernente à eficiência de remoção de DBO e DQO dos filtros anaeróbios, tem-se duas situações: o dispositivo atuando de forma isolada ou atuando de forma conjunta com outra unidade de tratamento antecedente, como o tanque séptico. Atuando de forma isolada, o máximo que se alcança de eficiência de remoção é 79%, enquanto a atuação de forma conjunta com o tanque séptico, pode ser removido até 95% de DQO (CHERNICHARO, 1997).

Aplicando-se para áreas rurais, quando se utiliza um sistema com tanque séptico e filtro anaeróbio, percebe-se que o desempenho para remoção de alguns parâmetros do esgoto, tais como ferro, sólidos suspensos e patógenos é satisfatório. Além disso, no aspecto

econômico, os custos para implantação, operação e manutenção são viáveis para o contexto rural (SÁENZ; ESPINOZA-CORREA, 2017).

A NBR 13969/1997 traz orientações sobre como deve ser feito o dimensionamento do filtro anaeróbio, com a determinação do volume útil do leito filtrante, a delimitação de outros parâmetros como a forma de distribuição do esgoto, coleta do efluente, especificações do material de construção do filtro e do meio filtrante, como deve ser feita a limpeza do filtro, e qual a destinação para os materiais provenientes da limpeza (ABNT, 1997).

1.2.8 Outros sistemas descentralizados

O primeiro caso a ser apontado é sobre um tipo específico de fossa séptica, a biodigestora, que promove aperfeiçoamento de algumas características que a fossa séptica comum, por exemplo: na biodigestora há ausência da geração de odores e o material produzido a partir do processo de tratamento do esgoto pode ser reutilizado no próprio local para outras finalidades, como adubo agrícola; em contrapartida, tem a limitação de prioritariamente receber afluente dos banheiros (COSTA; GUILHOTO, 2014). Outra característica importante desse dispositivo é a necessidade de serem incorporadas excretas bovinas dentro dele para auxiliar no processo de biodigestão (OLIVEIRA, 2018).

Outro sistema que pode ser utilizado é o de wetlands construídos que representam um mecanismo artificial para o tratamento de esgoto, tendo como característica promover a associação entre plantas e um leito constituído por areia, brita, entre outros materiais. Para realizar uma análise sobre esse sistema, é preciso apontar algumas características importantes como a presença de micro-organismos que atuam durante o tratamento, a onerosidade baixa partindo desde a implantação até a manutenção, a utilização de diferentes princípios biológicos, químicos e físicos durante o tratamento do afluente, além de um processo de operação que se mostra satisfatório concernente à conservação das variantes hidráulicas inerentes às wetlands naturais (POÇAS, 2015). Para o caso do esgoto doméstico, é importante que o afluente esteja livre de óleos, graxas, além de ter a vazão normalizada, para isso, recorre-se ao pré-tratamento com uso de dispositivos como caixa de gordura e tanque séptico (VON SPERLING; SEZERINO, 2018).

Colares et al. (2018) realizaram um estudo com um sistema composto por reatores anaeróbios em batelada e wetlands construídos de fluxos alternados, objetivando averiguar os

índices de remoção de nitrogênio, fósforo e turbidez. O sistema mostrou-se eficiente, com porcentagens adequadas de remoção dos parâmetros em estudo, atestando, portanto, a aplicabilidade para zonas rurais.

Outra forma de sistema descentralizado de esgoto é a utilização do reator UASB, existem diferentes estudos abordando esse dispositivo, seja atuando de forma isolada ou associado com outro mecanismo. Num primeiro caso, analisaram reatores atuando individualmente, com diferentes composições geométricas e algumas alternâncias nas características operacionais, verificou-se que estas não foram fatores que interferiram de forma impactante na eficiência do tratamento, haja vista que manteve regularidade e foi satisfatória. Além desse, em outras duas associações do reator UASB com diferentes modelos de filtro (anaeróbio e aerado submerso), verificou-se que, em ambos os sistemas, o parâmetro relacionado com a matéria orgânica presente no esgoto sofreu grande diminuição (RIBEIRO; SILVA, 2018; SANTOS et al, 2020; XAVIER et al, 2020).

Existem outros dois mecanismos que podem ser utilizados para o tratamento de esgoto doméstico de forma descentralizada: o tanque de evapotranspiração ou fossa verde e o biodigestor, sendo que há semelhanças e diferenças entre estes. As semelhanças entre ambos são as remoções satisfatórias de alguns parâmetros presentes no esgoto como a matéria orgânica e a possibilidade de, com o tratamento feito no dispositivo, ter-se um subproduto que será benéfico para o morador: no caso da fossa verde, produção de alimento e no caso do biodigestor, geração de biogás que pode ser usado para produzir eletricidade. Como diferença, pode ser abordada a necessidade do biodigestor ter o efluente passando por outro tratamento (MARQUES; LOGULLO; SANTOS, 2021; FIGUEIREDO et al., 2019).

1.2.9 Destinação do esgoto

Os dois primeiros locais que podem receber o esgoto que passou pelo tratamento e com respeito ao despejo diretamente no solo, estes são a vala de infiltração e o sumidouro, são dispositivos que apresentam semelhanças e diferenças entre si, sendo que a principal semelhança é que ambos têm por objetivo permitir que o líquido infiltre no solo, sendo que, durante esse processo, pode acontecer outro tratamento. As principais diferenças que podem

ser citadas são a direção que cada um é construído, e a profundidade, que deve ser respeitada para que se mantenha o lençol freático seguro (ABNT, 1997).

Pode-se destinar o efluente também para corpos hídricos, sendo que, nesse caso, a Resolução CONAMA Nº 430 de 2011 é uma legislação que traz o padrão que o efluente deve apresentar, são abordados vários parâmetros com os respectivos valores de referência, que devem ser atendidos (BRASIL, 2011).

Outra forma de destinação dos efluentes é o seu reúso em atividades de agricultura, no entanto, nesse caso, existem limitações ou medidas de segurança que devem ser respeitadas, mesmo que a água residuária seja capaz de conceder aquilo que a cultura requer para o seu desenvolvimento, tanto com o volume de água em si quanto com os nutrientes, necessita ter precaução com algumas propriedades ou características que são danosas à planta e àqueles que farão o consumo desta (COSTA, 2020).

Os círculos de bananeiras representam outra maneira de realizar a disposição dos efluentes, apresentando como um mecanismo de fácil construção requerendo apenas um processo de escavação com diâmetros e profundidades bem definidas, o plantio de mudas de bananeiras no entorno dessa perfuração e preenchimento com materiais como galhos e palhas (FIGUEIREDO; SANTOS; TONETTI, 2018). Algumas vantagens que Leal (2016, p.6) cita deste tipo de sistema são: “promove a recarga do lençol freático, diminui o consumo de água tratada para irrigação, mantém os nutrientes no local, promove o crescimento da vegetação local e diminui o volume de esgoto e conseqüentemente o impacto em fossas.”

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Propor a implantação de uma medida descentralizada para a coleta, tratamento e disposição do esgoto das residências de dois assentamentos rurais de Rio Verde-GO.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar os custos econômicos para implantação do sistema individualizado de coleta, tratamento e disposição de esgoto doméstico;
- Avaliar os aspectos técnicos de implantação dos sistemas de tratamento aplicado às condições dos assentamentos rurais em estudo.

3 REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020**. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6613160/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas %282%29.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6613160/mod_resource/content/1/Panorama-2020-V5-unicas%282%29.pdf)>. Acesso em: 23 maio. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, p. 7. 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, p. 15. 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.

BAETTKER, E. C. et al. Materiais alternativos como meio suporte de filtros anaeróbios para tratamento de esgoto sanitário sintético. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 6, p. 1091–1102, dez. 2018.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Publicada no Diário Oficial nº 92 em 16 de maio de 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. – Brasília : Funasa, 2019.260 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de saneamento / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. – 5.ed. Brasília: Funasa, 2019. 545 p.

BRASIL. **LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020** . Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados, DF: Presidência da República, [2022]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm. Acesso em: 20 mai. 2022.

BRASIL. **DECRETO Nº 11.598, DE 12 DE JULHO DE 2023**. Regulamenta o art. 10-B da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para estabelecer a metodologia para comprovação da capacidade econômico-financeira dos prestadores de serviços públicos de abastecimento de água potável ou de esgotamento sanitário, considerados os contratos em vigor, com vistas a viabilizar o cumprimento das metas de universalização, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2023/decreto/D11598.htm. Acesso em: 24 jul. 2023.

CARCARÁ, M. DO S. M.; SILVA, E. A. DA; MOITA NETO, J. M. Saneamento básico como dignidade humana: entre o mínimo existencial e a reserva do possível. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 493–500, maio 2019.

CHERNICHARO, C. A. DE L. Projeto de reatores anaeróbios. In: **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte/MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997. p. 123–196.

COLARES, G. S. et al. Sistema integrado de tratamento de efluentes sanitários com reatores anaeróbios sequenciais em batelada e wetlands construídos de fluxos alternados. **Tecnológica**, v. 22, n. 1, p. 18-24, 22 jan. 2018.

COSTA, A. S. V. DA. Estimativa de uso da água residuária da estação de tratamento de esgoto de Teófilo Otoni, Minas Gerais, na fertirrigação de pastagens. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 20 jul. 2020.

COSTA, C. C. DA; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. spe, p. 51–60, 2014.

FERREIRA, J. G.; GOMES, M. F. B.; DANTAS, M. W. DE A. Desafios e controvérsias do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 7, p. 65449–65468, 2021.

FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS, B. S. C.; TONETTI, A. L. Tratamento de esgoto na zona rural: Fossa verde e círculo de bananeiras, p. 28, 2018.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Cada real gasto em saneamento economiza nove em saúde**. Ministério da saúde. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/-cada-real-gasto-em-saneamento-economiza-nove-em-saude-disse-ministro-da-saude?inheritRedirect=false>. Acesso em: 05 out 2023.

GARCIA, M. S. D.; FERREIRA, M. DE P. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. **Dignidade Re-Vista**, v. 2, n. 3, p. 12, 2017.

HOLGADO-SILVA, H. C. et al. A qualidade do saneamento ambiental no assentamento rural Amparo no município de Dourados-MS. **Sociedade & Natureza**, v. 26, n. 3, p. 535–545, dez. 2014.

INCRA. **Assentamentos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/reforma-agraria/assentamentos>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

INCRA. **Incra nos Estados – Informações gerais sobre os assentamentos da Reforma Agrária**. Disponível em: <<https://painel.incra.gov.br/sistemas/index.php>>. Acesso em: 17 jun. 2022.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. **Círculo de Bananeiras para tratamento de efluentes rurais**. Belo Horizonte. EMATER – MG, 2016.

LEITE, C. H. P.; MOITA NETO, J. M.; BEZERRA, A. K. L. Novo marco legal do saneamento básico: alterações e perspectivas. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 1041–1047, out. 2022.

MASSOUD, M. A.; TARHINI, A.; NASR, J. A. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, v. 90, n. 1, p. 652–659, jan. 2009.

MESQUITA, T. C. R. et al. Gestão descentralizada de soluções de esgotamento sanitário no Brasil: aspectos conceituais, normativos e alternativas tecnológicas. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 56, p. 46–66, 2021.

OLIVEIRA, T. J. J. Fossa séptica biodigestora: limitações e potencialidades da sua aplicação para o tratamento de águas fecais em comunidades rurais. Dissertação (Mestrado), UFOP. 106 p. 2018

PAINEL SANEAMENTO BRASIL. **A água transforma**. Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

PAIVA, R. F. DA P. DE S.; SOUZA, M. F. DA P. DE. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n. 1, 5 fev. 2018.

POÇAS, C. D. **Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2015.

RIBEIRO, J. C.; SILVA, G. H. R. DA. Acompanhamento operacional e avaliação de uma estação compacta de tratamento de esgoto sanitário: reator UASB seguido de filtro aerado submerso. **Eng Sanit Ambient**, v. 23, n. 1, p. 27–31, 2018.

ROSA JÚNIOR, L. DOS S. et al. Aproveitamento do lodo de esgoto proveniente de tanque séptico visando a recuperação de solos degradados. In: **Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**. Belém/PA: Atena, 2019. p. 235–243.

SÁENZ, R. T.; ESPINOZA-CORREA, J. Tratamiento de aguas residuales mediante un sistema anaerobio para comunidades rurales. **Conference Proceedings UTMACH**, v. 2, n. 1, p. 92–101, 2017.

SALATI, E.; SALATI FILHO, E.; SALATI, E. **Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas**. Piracicaba/SP, 2009.

SANTOS, F. F. S. DOS et al. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, p. 241–251, 2018.

SANTOS, S. L. DOS et al. Projeto de otimização de sistemas anaeróbios para tratamento de esgoto em escala unifamiliar. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S.L.], v. 23, n. 6, p. 1213–1225, dez. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018166570>. SEZERINO, P. H. et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 151–158, mar. 2015.

SILVA, J. Dos S. **Remoção de matéria orgânica em tanque séptico com biomassa aderida**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

SILVA, K. R. DA et al. Saneamento Básico e Mortalidade Infantil: Uma análise via painel espacial para os municípios brasileiros. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 16, n. 1, p. 29–56, 17 fev. 2023.

SION, A. O. **Decretos recentes e retrocesso no novo Marco do Saneamento Básico**. Disponível em: <<https://www.conjur.com.br/2023-abr-18/alexandre-sion-decretos-retrocesso-marco-saneamento>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

SNIS. **Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento 2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/painel>>. Acesso em: 19 abr. 2023.

SUBTIL, E. L.; SANCHEZ, A. A.; CAVALHERO, A. Sistemas descentralizados de tratamento de esgoto e reúso de água. Santo André: UFABC, 2016.

TONETTI, A. L. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Primeira E ed. Campinas/SP: Biblioteca Unicamp, 2018.

URBAN, R. C.; ISAAC, R. DE L.; MORITA, D. M. Uso benéfico de lodo de estações de tratamento de água e de tratamento de esgoto: estado da arte. **Revista DAE**, v. 67, n. 219, p. 128–158, 2019.

VALE, G. B. DO; RUGGERI JUNIOR, H. C.; SCALIZE, P. S. Service and precariousness of sanitary sewage in rural communities in the state of Goiás, Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 6, p. 1067–1075, nov. 2022.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das águas e ao Tratamento de Esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte/MG: Editora UFMG, 2011.

VON SPERLING, M.; SEZERINO, P. H. (2018). **Dimensionamento de wetlands construídos no Brasil**. Boletim Wetlands Brasil, Edição Especial, dezembro/2018. 65 p. ISSN 2359- 0548. Disponível em: <<http://gesad.ufsc.br/boletins/>>.

XAVIER, J. K. DE A. M. et al. Pós-tratamento de efluente de reator UASB em filtro anaeróbio. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 13838–13847, 2020.

4 CAPÍTULO 1 – ARTIGO 1

**SISTEMA DESCENTRALIZADO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO:
SOLUÇÃO PARA ASSENTAMENTOS RURAIS**

(Artigo a ser submetido na Revista de Geografia (UFJF) – Qualis A3)

RESUMO

O saneamento no meio rural, abordando principalmente o esgotamento sanitário, apresenta-se com atrasos, com o uso de medidas inadequadas que culminam em danos para as pessoas e meio ambiente. Como solução, existem as medidas descentralizadas que estão em maior conformidade com a realidade dos assentamentos rurais. O objetivo do trabalho foi projetar um sistema com tanque séptico, filtro anaeróbio e círculo de bananeiras para o esgotamento sanitário das residências dos assentamentos Rio Verdinho e Pontal do Buriti, em Rio Verde-GO. A metodologia consistiu no dimensionamento das unidades, realização do quantitativo dos materiais, realização do orçamento baseando-se nos preços da tabela SINAPI e média de cotações, além da análise de viabilidade técnica e econômica. Os resultados foram tubulações principais de 100 mm de diâmetro, volume de 1500 litros para o tanque, 1000 litros para o filtro e círculo de bananeiras com 2 metros de diâmetro e 0,8 metro de profundidade. No orçamento, o valor total obtido foi de R\$ 5.092,09 para uma residência com três pessoas. Na viabilidade técnica e econômica, a utilização de maquinários trazendo maior rapidez e menor esforço físico dos trabalhadores são vantagens, já os valores dos fretes e a interferência das questões de mercado no preço dos materiais são desvantagens. Portanto, o sistema é uma alternativa viável de ser implantada, principalmente por causa do processo construtivo menos trabalhoso e custo mais acessível comparado a métodos tradicionais, com a implantação podendo ser facilitada caso haja apoio de órgãos competentes, além de resultar em benefícios tantos sociais quanto ambientais.

Palavras-chaves: saneamento rural, alternativa descentralizada, esgoto.

ABSTRACT

Sanitation in rural areas, mainly addressing sewage, is delayed, with the use of inadequate measures that result in damage to people and the environment. As a solution, there are decentralized measures that are more in line with the reality of rural settlements. The objective of this work was to design a system with a septic tank, anaerobic filter and circle of banana trees for the sewage of the residences of the Rio Verdinho and Pontal do Buriti settlements, in Rio Verde-GO. The methodology consisted of calculating the devices and pipes dimensions, based on standards and making the necessary adaptations, carrying out the quantity of materials for set implantation, stipulation of the cost per stage and total for implantation through a spreadsheet used for price reference, the unencumbered SINAPI table for the month of May 2023 and research on sites, in addition to the analysis of the technical feasibility of the steps. The results were main pipes with a diameter of 100 mm, a volume of 1500 liters for the tank, 1000 liters for the filter and a circle of banana trees with a diameter of 2 meters and a depth of 0.8 meters. In the budget, the total amount obtained was R\$ 5.092.09 for a residence with three people. In technical and economic feasibility, the use of machinery bringing greater speed and less physical effort from workers are advantages, while freight rates and the interference of market issues in the price of materials are disadvantages. Therefore, the system is a viable alternative to be implemented, mainly because of the less laborious construction process and more affordable cost compared to traditional methods, with implementation being able to be facilitated if there is support from competent bodies, in addition to resulting in both social and social benefits environmental.

Keywords: rural sanitation, decentralized alternative, sewage.

4.1 Introdução

Quando se atenta para o cenário do saneamento básico no Brasil no decorrer do tempo, percebe-se a dificuldade em colocar em prática o que foi planejado. Diferentes políticas, leis e planos foram criados visando estruturar, melhorar e universalizar o acesso aos serviços do saneamento, sendo que a principal foi a Política Nacional do Saneamento Básico, Lei nº 11.445 de 2007. Desta política derivam planos que tem abrangência tanto nacional quanto municipal. Ademais, o saneamento ainda é abordado tanto na Constituição Federal de 1988, quanto em outras leis que tratam de outras temáticas como saúde e habitação (RESENDE; FERREIRA; FERNANDES, 2018).

No entanto, mesmo com as legislações existentes, vários entraves ainda dificultam um progresso nessa temática principalmente quando se analisa o contexto rural. Esses entraves são provenientes principalmente do aspecto governamental, abrangendo diferentes âmbitos: federal, estadual e municipal, percebendo o preterimento da área rural em detrimento da área urbana com relação a investimento na infraestrutura, dificuldade de definição da atuação de cada parte integrante na gestão, desvalorização da opinião pública nas decisões referentes ao saneamento, incapacidade técnica, entre outros motivos (FERREIRA ET AL., 2019; SALOMÃO; HONORATO, 2021).

Para corroborar esse raciocínio, basta atentar, por exemplo, para uma das áreas do saneamento – o esgotamento sanitário – há grande defasagem dos serviços na área para a população em geral, apenas 45,3% do esgoto total gerado é tratado (SANTOS; VIEIRA, 2020). Restringindo ao contexto rural, analisando o esgotamento sanitário em si, essa situação é mais alarmante, o uso de medidas inapropriadas como as fossas rudimentares ou até mesmo a eliminação das excretas humanas no solo ou na água ainda prevalece, provocando consequências como doenças de veiculação hídrica como diarreia, cólera, febre tifoide, que podem ocasionar até óbitos (NEU; SANTOS; MEYER, 2016).

Duas outras questões são destacadas nesse caso: a distância é um fator limitante para instauração de serviços tradicionais realizados em áreas urbanas. Além disso, entre os Estados e as regiões, não há uniformidade quanto aos serviços do saneamento para a população rural, alguns Estados apresentam situações mais agravantes que outros, o mesmo acontece entre as regiões do país (RESENDE; FERREIRA; FERNANDES, 2018).

Uma das formas de minimizar os problemas apresentados para o saneamento, que é a questão da localização dos assentamentos em relação aos centros urbanos, é a adoção de medidas descentralizadas, permitindo que aquilo que foi coletado no local ou próximo, possa passar pelos devidos processos de tratamento e a destinação no mesmo local. Logo, há medidas que respeitam as condições do local de implantação principalmente no aspecto econômico, construtivo e ambiental. Essas medidas auxiliam também para o caso de sistemas tradicionais que estão em desempenho avançado, mas que futuramente terão que aumentar o funcionamento, em razão do crescimento populacional (LIBRALATO; GHIRARDINI; AVEZZÙ, 2012; TREIN, 2015; HONORATO et al., 2021).

Para o esgoto, duas das medidas que podem ser adotadas são a utilização de tanque séptico de forma isolada ou de forma conjunta com o filtro anaeróbio, caso seja almejada uma maior eficiência no tratamento do efluente. Em ambos os casos, tem-se tratamento anaeróbio, com utilização de microrganismos que atuarão na degradação da matéria orgânica. Tanto o filtro quanto o tanque séptico requerem que, após um determinado período, seja feita a limpeza, com a remoção do lodo ou do subproduto resultante do tratamento (TONETTI, 2018).

No sistema tanque séptico e filtro anaeróbio, percebe-se que o primeiro dispositivo se destaca pela remoção dos sólidos suspensos a partir do processo de sedimentação e o segundo pela remoção da matéria orgânica através da biomassa aderida ao meio suporte, o qual é um fator importante para a eficiência do filtro, um meio com materiais mais porosos é mais benéfico para o funcionamento, além da possibilidade do uso de materiais alternativos. Outra questão, os tanques sépticos apresentam variabilidade na sua composição com relação ao número de câmaras, se são em série ou não, e se o lodo gerado é digerido no próprio local, facilitando o tratamento posteriormente (SPERLING, 2007; LIRA et al., 2020; FERNANDES et al., 2015).

Além do tratamento do esgoto, é muito importante dar destinação para o efluente tratado, dessa forma, o círculo de bananeiras apresenta-se como uma alternativa. Este dispositivo é composto por uma vala em que é depositado o efluente tratado, ao redor são plantados bananeiras, e dentro da vala, são colocados materiais como galhos e palha. Dois pontos importantes desse dispositivo são respectivamente a indicação justamente para situações em que o esgoto doméstico passou por pré-tratamento e a capacidade de dar ao morador um benefício com relação à produção de alimento (TONETTI, 2018).

Dito isso, a realização desse trabalho é importante para que seja apresentada uma alternativa condizente com as particularidades apresentadas pelos assentamentos rurais para a questão do esgotamento sanitário, visando superar fatores limitantes como a distância, custos, além da prevenção de ocorrência de enfermidades por uso de medidas insalubres. Logo, o objetivo deste artigo é projetar um sistema descentralizado para esgotamento sanitário composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e local para disposição, abrangendo o dimensionamento, orçamento e análise de viabilidade para implantação e tendo como área de estudo dois assentamentos rurais do município de Rio Verde-GO.

4.2 Metodologia

Para facilitar a compreensão da metodologia adotada, foi apresentado o fluxograma, por meio da figura 1, com as etapas que foram seguidas.

Figura 1: Fluxograma com etapas da metodologia



Fonte: Autor (2022)

4.2.1 Definição da área de estudo

A priori, foram definidos os dois assentamentos rurais de Rio Verde-GO como área de estudo, sendo que existiram tanto motivos distintos quanto em comum para a escolha destes.

O primeiro assentamento foi o Rio Verdinho cujo fator de escolha foi a acessibilidade, já que esse assentamento fica mais próximo à rodovia (BR-060), entre as cidades de Rio Verde e Jataí, em Goiás. O segundo assentamento escolhido foi o Pontal do Buriti; nesse caso, os fatores determinantes para escolha foram a quantidade de famílias que vivem nesse lugar e a forma da disposição das residências, conseqüentemente, há grande margem para implantação do sistema em várias casas. Ademais, o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Incra (2023) aponta que esses dois locais são assentamentos antigos, que foram criados na década de 1990, sendo um motivo em comum para adoção como área de estudo. A tabela 2 traz informações sobre os dois assentamentos abordados.

Tabela 2: Informações dos assentamentos

Assentamento	PA Pontal do Buriti	PA Rio Verdinho
Código	GO0115000	GO0153000
Área (ha)	5972,89	655,8454
Capacidade (famílias)	105	27
Preenchimento (famílias)	102	27
Densidade Populacional (famílias/área)	0,02	0,04
Data de criação	07/05/1998	03/02/1999

Fonte: Incra (2023)

O PA Pontal do Buriti, apesar de estar ligado à cidade de Rio Verde, geograficamente, fica mais próximo à cidade de Montividiu-GO. O anexo A traz a localização desse assentamento, como pode ser visto, as residências ficam mais distantes entre si. O PA Rio Verdinho está representado no anexo B, e como pode ser visto, as residências ficam mais próximas e há a presença de escola no local.

4.2.2 Avaliação dos sistemas

Na avaliação para escolha das unidades que comporiam o sistema, verificou-se na literatura (artigos científicos, livros, dissertações, entre outros) que existem distintas unidades que poderiam atuar de forma isolada ou conjunta para promover a coleta e tratamento de esgoto doméstico nas áreas rurais. Von Sperling (2005) traz alguns exemplos como as lagoas facultativas e anaeróbias, wetlands, reatores UASB, filtros biológicos, além de mecanismos associados, como tanque séptico e filtro anaeróbio, reatores UASB e filtros, entre outros.

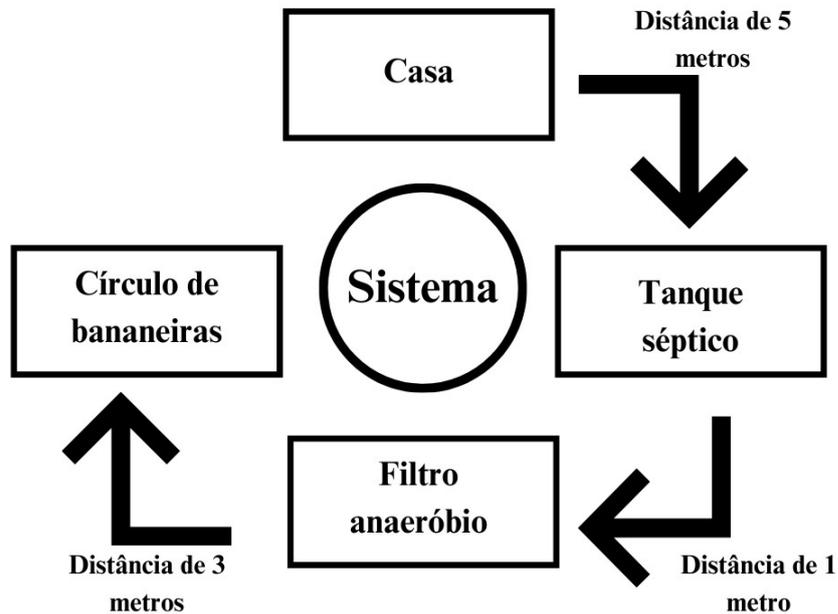
Nesse trabalho, foi adotada a associação entre o tanque séptico e o filtro anaeróbio,

baseando-se principalmente em três pontos: possibilidade do uso de materiais pré-fabricados funcionando como dispositivos, a economicidade e praticidade. Pois, ao utilizar materiais pré-fabricados para funcionar como unidades do sistema, buscou-se tanto acessibilidade financeira quanto logística, além de menor complexidade de realização e menores necessidades de materiais quando comparados com métodos convencionais de execução como a alvenaria, conseqüentemente, almejou-se maior rapidez do processo construtivo.

4.2.3 Projeto das unidades

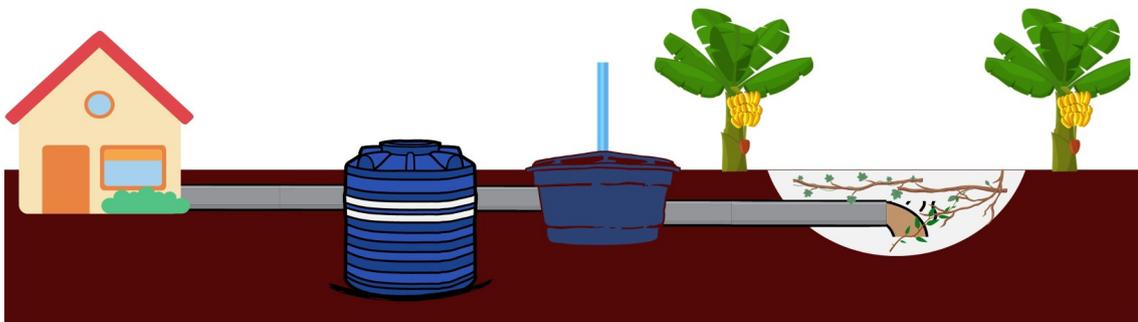
Primeiramente, foi adotada a composição familiar, sendo que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023) diz que, em média, existem cerca de três pessoas por família. Além disso, o padrão de residência adotado para o dimensionamento tanto do tanque séptico quanto do filtro anaeróbio foi o baixo conforme ABNT (2006), já que nesse caso considera-se uma residência com dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço. Outro aspecto analisado é a adoção que as residências já dispõem de caixas de gordura, conforme apontam Oliveira et al. (2014), a atuação desse dispositivo com relação a alguns componentes do esgoto, como gorduras e sabões, contribui para a melhor eficiência do tratamento. Para o cálculo de ambos os dispositivos foram seguidas as normas prescritas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), as quais foram NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997. No entanto, ressalta-se que fizeram adaptações para atender o projeto, como a substituição de métodos preconizados pela norma para execução, como a alvenaria, pela utilização de tanque séptico e filtro anaeróbio (caixa d'água) de polietileno. Dessa forma, o foco no dimensionamento foi descobrir o volume útil de cada um dos dispositivos, possibilitando a adoção do tanque, do filtro e o diâmetro das respectivas tubulações necessárias para o sistema. As figuras 2 e 3 trazem a representação de como ficou sequencialmente cada mecanismo do sistema.

Figura 2: Componentes do sistema



Fonte: Autor (2023)

Figura 3: Ilustração sobre o sistema



Fonte: Autor (2023)

Importante dizer que, no caso do tanque séptico, é preciso obedecer a alguns critérios de dimensionamento referente às distâncias, volume mínimo e mecanismo de liberação de gases. No caso da distância, deve-se ter 1,5 metro entre o dispositivo e as construções, 3 metros de árvores e rede pública de água e 15 metros de poços freáticos. Para o volume mínimo, deve ser superior a 1250 litros (ABNT, 1993; NEVES et al., 2020). Dito isso, foi adotado o valor padrão de distância entre as residências e o sistema, consequentemente, permitindo obter o comprimento da tubulação que conecta o sistema à casa, além de que, entre os próprios dispositivos, foi adotado um valor para o comprimento dessas tubulações. Com relação aos diâmetros, seguiu-se o que é recomendado pela ABNT (1999), considerando

que a tubulação que liga a casa até o sistema fosse o coletor predial. A figura 4 traz a representação de como ficou sequencialmente cada dispositivo do sistema.

Para o tanque séptico, a ABNT (1993) relatou que o volume útil pode ser calculado através da equação (1). Ademais, os parâmetros C, T, K, Lf foram obtidos através de tabelas presentes na NBR 7229/1993.

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

Equação (1)

Sendo que:

V é o volume útil em litros;

N é o número de pessoas ou unidades por contribuição;

C é a contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia;

T é o período de detenção em dias;

K é a taxa de lodo digerido em dias;

Lf é a contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia ou em litro/unidade x dia.

Para o filtro anaeróbico, a ABNT (1997) descreveu que o volume útil pode ser calculado através da equação (2). Os parâmetros C e T foram obtidos através de tabelas presentes na NBR 13969/1997.

$$V_u = 1,6.N.C.T$$

Equação (2)

Sendo que:

N é o número de contribuintes;

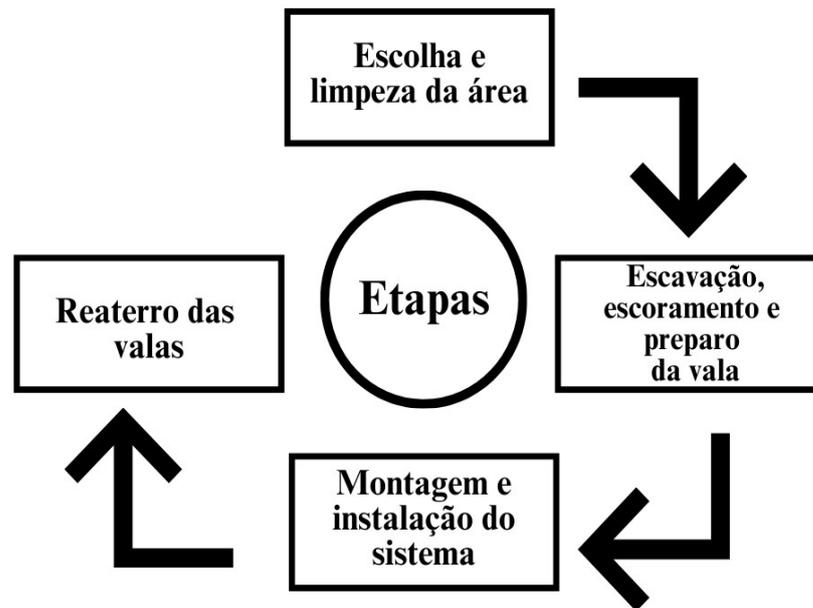
C é a contribuição de despejos, em litros x habitantes/ dia;

T é o tempo de detenção hidráulica, em dias.

Além do sistema de tratamento em si, aproveitando do fato que o efluente tratado teria de ser disposto em algum local, foi pensado em um meio que pudesse trazer um retorno para os moradores. Dessa forma, adotou-se uma área em que há uma perfuração em forma de círculo com bananeiras em seu entorno, sendo que o esgoto depositado será responsável por dar a essas plantas nutrientes que auxiliam no seu metabolismo conforme afirmam Oliveira Netto et al. (2015).

Para obter os insumos necessários, sejam estes relacionados à mão de obra ou aos materiais, primeiramente foram definidas as etapas que deveriam ser seguidas para implantação do sistema. Na figura 4 tem-se o fluxograma com a sequência das etapas.

Figura 4: Etapas para implantação do sistema



Fonte: Autor (2023)

Para a escolha e limpeza da área, foi considerada a remoção da vegetação, dessa forma, precisou-se descobrir a área que seria implantado o sistema. Nesse processo, descobrir as dimensões dos dispositivos utilizados foi fundamental para que pudessem ser definidos o comprimento, a largura e consequentemente a área.

No caso da escavação, dividiu-se esse processo em três partes, pois na primeira parte deve ser calculado o volume para execução da vala para o assentamento da tubulação que liga a residência ao sistema e deste até as bananeiras. Na segunda parte, devem ser verificadas as dimensões dos componentes do sistema para que possa ser definida a profundidade necessária, e, com o auxílio da área de implantação do sistema, possibilitar o cálculo do volume necessário. Na terceira parte, a escavação deve ocorrer propriamente na região em que seria disposto o esgoto tratado, necessitando, então, do diâmetro e da profundidade que foram adotados.

Com relação ao escoramento da vala, deve ser feito no segundo trecho, logo precisou-se calcular as áreas laterais referentes a esta parte. Na preparação do solo, deve-se deixar o fundo da vala escavada plano, logo focou em calcular a área do fundo a partir do comprimento e da largura da vala. Além disso, para que pudesse ser apoiado o tanque séptico, deve ser colocada uma base circular de concreto, a qual teria uma área suficiente para tal função.

Na montagem e instalação do sistema, deve-se verificar principalmente os materiais necessários, como o tanque séptico, o filtro, tubulações de diferentes diâmetros, conexões ou peças hidráulicas, agregados, entre outros. No aterro, o solo escavado anteriormente deve ser devolvido de forma que cubra o sistema e deixem expostas somente as tampas do tanque e filtro.

Após obter quais os insumos necessários para implantação do sistema, deve ser buscado um material com referência de preços, sendo que, nesse caso, foram utilizadas as tabelas SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil) não desonerada da Caixa Econômica Federal referente ao mês de maio de 2023 para o Estado de Goiás. Com essa tabela, foi possível obter o preço unitário de diferentes insumos que compõem o sistema descentralizado. Nos casos que a tabela SINAPI não fornecia informações sobre o preço de determinado insumo, foi feita uma pesquisa de mercado através da internet, realizando a média entre três cotações. Em paralelo, para facilitar os cálculos, utilizou-se o software Libre Office Calc, que permitiu que fossem estimados os custos de cada etapa necessária para implantação do sistema e, conseqüentemente, o custo total.

4.2.4 Avaliação do destino

Para escolher o destino do efluente tratado, foram considerados não somente a questão ambiental, mas os aspectos socioeconômicos dos assentados rurais; dessa forma, preocupou-se que o efluente tratado pudesse dar retorno. Logo, o círculo de bananeiras apresentou-se como alternativa mais viável quando comparado com outras formas, por exemplo, Ferreira et al. (2020) afirmam que reutilizar diretamente o esgoto na agricultura pode acarretar a ingestão de alimentos contaminados por patógenos que trazem prejuízos à saúde humana. No caso do círculo, o esgoto tratado é depositado no solo, logo não há contato direto com o alimento produzido. Além disso, outras formas de destinação para corpos hídricos podem apresentar limitações geográficas, com a não existência de rios, lagos, córregos próximos à residência.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Dimensões dos dispositivos, tubulações e volumes de escavação

Para o tanque séptico, o valor encontrado para os parâmetros da equação (1), com o respectivo valor do volume útil e do volume adotado podem ser vistos na tabela 3. Destaca-se que no caso do parâmetro K, foi considerada temperatura média no mês mais frio de 21,4° C para a cidade de Rio Verde-GO, conforme descrevem Lopes Sobrinho et al. (2020) e o período de limpeza foi de um ano, devido ao modelo comercialmente adotado para o tanque. Cabe ressaltar ainda que essa limpeza foi prevista para ser feita através de veículo limpa-fossa.

Tabela 3: Dimensionamento do tanque séptico

Parâmetro (unidade)	Valor
Número de pessoas	3
C (l/pessoa.dia)	100
C (diária)	300
T (dias)	1
K (dias)	57
Lf (l/pessoa.dia)	1
Volume útil (l)	1471
Volume adotado (l)	1500

Fonte: Autor (2023)

No caso do filtro anaeróbio, o valor encontrado para os parâmetros da equação (2), o volume útil e o volume adotado podem ser vistos na tabela 4. Pontua-se que para descobrir o valor do parâmetro T, foi considerada a mesma temperatura média no mês mais frio que foi de 21,4 °C. Percebeu-se que o volume útil resultou num valor inferior ao mínimo que a ABNT (1997) exige, logo foi adotado o volume mínimo. Ressalta-se ainda que essa norma apresenta restritiva quanto ao encaminhamento dos materiais provenientes da limpeza do filtro para locais que tenham contato direto com a água, optou-se que a limpeza seja feita por empresas do ramo, obedecendo intervalos de um ano.

Tabela 4: Dimensionamento do filtro anaeróbio

Parâmetro (unidade)	Valor
Número de pessoas	3
C (l.hab/d)	100
T (dias)	1
Volume útil (l)	480
Volume adotado (l)	1000
Volume de material filtrante (l)	1000

Fonte: Autor (2023)

Para a última etapa do sistema, que é a disposição final, os valores adotados para os parâmetros que estão ligados ao círculo de bananeiras podem ser vistos na tabela 5. Além disso, foi prevista a colocação de galhos, palhas secas, entre outros, dentro do buraco.

Tabela 5: Círculo de bananeiras

Parâmetro (unidade)	Valor
Diâmetro da perfuração (m)	2
Profundidade (m)	0,8
Diâmetro da tubulação de despejo do esgoto (mm)	100
Distância entre as bananeiras e a perfuração (m)	0,6
Quantidade de bananeiras no entorno da perfuração	6

Fonte: Figueiredo, Santos, Tonetti (2018); Oliveira, Leal (2017)

Para as tubulações, considerou-se cinco metros de distância entre a residência e o sistema, conseqüentemente, respeitando o mínimo estabelecido em norma. A distância adotada entre o tanque e o filtro foi de um metro; e entre o filtro e as bananeiras foi adotada três metros. Ademais, para as tubulações referentes a esses casos dentro do sistema, foi empregado o valor mínimo de 100 mm, que se refere ao coletor predial, conforme orienta a norma. Além disso, os próprios dispositivos apresentam aberturas que comportam esse diâmetro.

No filtro, foi acoplado uma tubulação de um metro com diâmetro de 32 mm para funcionar como suspiro. Antes do tanque, acoplou-se na válvula de retenção (que foi utilizada para prevenir que pudessem voltar odores ou animais a partir do sistema) e uma tubulação de

150 mm de diâmetro para que pudessem ser feitas inspeções ou eventuais manutenções. Entre o tanque e o filtro, inseriu-se um tê de inspeção de 100 x 75 mm.

Na disposição do efluente no círculo de bananeiras colocou-se uma válvula de retenção com portinhola, buscando prevenir que animais pudessem entrar no sistema. Depois disso, obtiveram os valores para as dimensões, as áreas, o volume de escavação e o reaterro das diferentes partes do sistema, sendo que para no cálculo das dimensões, deixou-se a folga de 0,5 metro em cada lado dos dispositivos, visando facilitar a montagem do sistema.

Com relação às valas, nos trechos entre a casa e o tanque e entre o filtro e o círculo de bananeiras, as larguras obedeceram ao que descreve a ABNT (2023) e o comprimento foi o mesmo das tubulações. Já as profundidades dependeram das dimensões do tanque séptico e filtro anaeróbio comercialmente adotados nesse projeto, bem como a largura e o comprimento do trecho que interligou o tanque ao filtro. O Ministério do Trabalho e Emprego (2020), através da NR 18, exige que escavações de valas com profundidades acima de 1,25 metro sejam feitas com escoramentos, logo no trecho em que fica o tanque e o filtro foi adotado o escoramento tipo pontaleamento.

Cabe ressaltar que conforme aponta Mattos (2006), ao escavar o solo natural, este tende a expandir-se, logo foi aplicado um fator de empolamento referente a terra comum cujo valor foi de 25% para o volume escavado. No reaterro foi considerado o valor do volume apresentado pelas valas. Os valores dos parâmetros estão representados na tabela 6.

Tabela 6: Dimensões, áreas, volumes escavados, reaterros das valas do sistema

Etapa	Dimensões (comp. x larg. x prof. em metros)	Área (m²)	Volume escavado (m³)	Reaterro da vala (m³)
Casa até o tanque séptico	5 x 0,65 x 0,25	3,25	1,0156	0,8125
Tanque séptico	2,3 x 2,3 x 2,5	5,29	16,5313	13,225
Filtro anaeróbio	2,5 x 2,5 x 1,5	6,25	11,725	9,38
Filtro anaeróbio até o círculo de bananeiras	3 x 0,65 x 0,4	1,95	0,975	0,78
Círculo de bananeiras	Diâmetro: 2 m Profundidade: 0,8 m	8,04	3,1375	Será preenchido com palha seca e galhos.

Fonte: Autor (2023)

Observando o aspecto do dimensionamento dos dispositivos, percebeu-se que os dois não apresentaram volumes tão expressivos. Tal fato pode ser explicado pelo menor número de pessoas residentes e um padrão baixo na edificação, conseqüentemente, com contribuição diária menor de esgoto. Além disso, no caso do tanque séptico, a temperatura média do mês mais frio de Rio Verde-GO junto ao intervalo de limpeza adotado mais baixo, também auxiliaram para que se tivesse um volume menor para o dispositivo. No caso do círculo de bananeiras, os valores já são pré-definidos, conforme tabela 5, cabe ressaltar, no entanto, que como a vala só estará preenchida com palha ou galhos, deve-se ter cuidado com acesso de pessoas, animais a fim de evitar acidentes, contato direto com o esgoto ou danos para a tubulação.

Ao analisar mais especificamente a área do sistema, percebeu-se que se caracteriza por não ser expressiva, podendo ser explicado pelas dimensões dos dispositivos. Logo, pode ser benéfico em duas questões para o morador: a primeira é a possibilidade de melhor aproveitamento da área disponível do lote, sendo que com o projeto implantado somente as partes superiores dos dispositivos (tampas), acessórios para controle do sistema e círculo de bananeiras ficarão expostos. A segunda é que pensando no aspecto construtivo, há maior rapidez ou praticidade, principalmente quando foi considerada a utilização de materiais já fabricados, os quais facilitam a montagem, associando-se ao uso de maquinários exercendo etapas mais trabalhosas, como a escavação e limpeza do terreno.

Quando se analisa o volume escavado percebe-se que as valas para implantação do tanque e do filtro correspondem aproximadamente 85% do valor total. Logo, percebe-se a interferência relevante que as medidas desses componentes causam, principalmente quando comparadas com as valas para tubulações. Além disso, para o volume do reaterro, esses dois componentes juntos também correspondem a maior representatividade, sendo que contribuem ainda para que haja maior descarte de solo quando comparada com outra vala que naturalmente já não previa reaterro, a do círculo de bananeiras.

4.3.2 Escolha e limpeza da área

A tabela 7 demonstra o serviço, a unidade, quantidade, custo unitário e custo total encontrado para a etapa de limpeza da área do sistema. O custo unitário proveio da tabela SINAPI não desonerada do mês de maio de 2023.

Tabela 7: Custo para limpeza da área do sistema

Item	Serviço	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1	Limpeza mecanizada de camada vegetal, vegetação e pequenas árvores (diâmetro de tronco menor que 0,20 m), com trator de esteiras.	M ²	24,78	R\$ 0,34	R\$ 8,43
TOTAL (R\$)					R\$ 8,43

Fonte: Autor (2023)

Com relação a essa etapa, observa-se custo pequeno que pode ser explicado com base em dois fatores, o primeiro é porque a área a ser limpa é pequena, junto a isso, o uso de limpeza mecanizada, a qual com base na tabela SINAPI apresenta um custo unitário menor quando comparada ao uso de limpeza manual com ferramentas como enxada, enxadões, contribui para que o valor seja diminuído. Ademais, no próprio serviço está embutida a mão de obra responsável pela execução, não sendo necessários acréscimos ao orçamento.

Ao analisar a viabilidade nessa etapa, é importante destacar alguns pontos: o primeiro deles é a necessidade de verificar a compatibilidade entre a área requerida para implantar o projeto e a área disponível dentro do lote do assentado, ou seja, se existem dimensões suficientes que comportem o conjunto de forma que não ultrapassem para lotes vizinhos, ou que não exista nenhum outro tipo de entrave. O segundo ponto é o deslocamento do maquinário necessário para limpeza, que pode representar dificuldade a ser contornada,

devido ao preço do frete para traslado das máquinas, logo, a associação entre os moradores para realizar a limpeza de várias áreas para que o sistema possa ser implantado em diferentes residências pode ser uma alternativa para eventual preço elevado. Além disso, é necessário que o lote do assentado tenha acesso e espaço suficiente para que as máquinas possam executar o serviço.

Outros aspectos avaliados são a maior rapidez na execução do serviço com processos mecanizados quando comparado com processos manuais. Além do processo manual requerer maior número de pessoas para executar o serviço do que o mecanizado. Ademais, tem-se a possibilidade de efetuar limpeza de diferentes áreas em um mesmo dia ou jornada de trabalho, ou seja, maior produtividade, sem causar desgastes mais acentuados para o trabalhador como nos processos manuais.

4.3.3 Escavação, escoramento e preparo da vala

A tabela 8 demonstra os serviços, quantitativo, custo unitário e custo total encontrado para a etapa de escavação, escoramento e preparo da vala. Nesta etapa todos os custos unitários basearam-se na tabela SINAPI não desonerada do mês de maio de 2023.

Tabela 8: Custo para escavação, escoramento e preparo da vala

Item	Serviço	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1	Escavação mecanizada de vala com profundidade até 1,5 m (média montante e jusante/uma composição por trecho), retroescav. (0,26 m ³), largura menor que 0,8 m, em solo de 1 ^a categoria, locais com baixo nível de interferência.	M ³	5,1281	R\$ 7,58	R\$ 38,87
2	Escavação mecanizada de vala com prof. maior que 1,5 m até 3,0 m	M ³	28,2563	R\$ 4,87	R\$ 137,61

	(média montante e jusante/uma composição por trecho), com escavadeira (1,2 m ³), larg. de 1,5 m a 2,5 m, em solo de 1. ^a categoria, locais com baixo nível de interferência				
3	Escoramento de vala, tipo pontaleamento, com profundidade de 0 a 1,5 m, largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m	M ²	7,5	R\$ 31,09	R\$ 233,175
4	Escoramento de vala, tipo pontaleamento, com profundidade de 1,5 a 3,0 m, largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m	M ²	11,5	R\$ 26,19	R\$ 301,185
5	Preparo de fundo de vala com largura menor que 1,5 metro (acerto do solo natural)	M ²	5,20	R\$ 5,87	R\$ 30,52
6	Preparo de fundo de vala com largura maior ou igual a 1,5 m e menor que 2,5 m (acerto do solo natural)	M ²	11,54	R\$ 2,89	R\$ 33,35
TOTAL (R\$)					R\$ 774,71

Nesta etapa, observou-se que na escavação, os custos não foram tão elevados, sendo que a maior contribuição se originou da vala que estão localizados os dispositivos, e já era esperado pelas dimensões que são mais significativas que as tubulações, as quais provocaram escavações com custos bem mais baixos. Além disso, preocupou-se em fazer a escavação somente daquilo que seria necessário para a instalação do tanque e filtro e em todas as fases que necessitaram de escavação, o preço da mão de obra já estava embutido, não sendo necessário o acréscimo no orçamento. Quando se verifica a contribuição só do processo de escavação dentro do custo de toda a etapa percebe-se que este corresponde aproximadamente 23%, ou seja, menos da metade do valor total.

O escoramento trouxe a maior contribuição para o custo total desta etapa, correspondendo a 69% do valor, nesse caso, cabe ressaltar que este processo apresenta custo unitário maior que os dois outros que constituem esta etapa, visto que é realizado em ambos os lados de uma vala, logo a área lateral é contabilizada duas vezes. Acrescenta-se o fato que não se pode preterir esta etapa por motivos de segurança dos trabalhadores e exigência legal. Quanto ao preparo do fundo da vala, as larguras e comprimentos adotados, combinados ao método mais simples, utilizando o próprio solo natural no processo, tornaram os custos mais baixos.

Na viabilidade técnica e econômica, pontua-se positivamente a possibilidade de realizar a escavação com maior rapidez, otimizando o tempo e por consequência, podendo alcançar maior quantidade de casas no assentamento e menor esforço físico dos trabalhadores. Além disso, a utilização da escavação mecanizada da vala e o preparo de seu fundo sendo feito de forma manual tendo ambos os custos unitários mais vantajosos com base na tabela SINAPI, são fatores que beneficiam a viabilidade dessa etapa.

Em contrapartida, como fatores que podem oferecer dificuldade no processo executivo estão: a impossibilidade de acesso ao lote do assentado ou de movimento da escavadeira ou retroescavadeira, o desconhecimento da composição do solo, que pode tornar a escavação mais trabalhosa, o nível do lençol freático estar bem próximo à superfície, a estabilidade do solo em que se está trabalhando, ou seja, se oferecer risco de desmoronamento, além do perfil topográfico do terreno apresentar declividade acentuada. Nesse cenário, é importante verificar primeiramente as dimensões do lote e das máquinas, além da possibilidade de realização da sondagem SPT, que segundo a ABNT (2020) permite que sejam determinados tanto o tipo de solo quanto o nível do lençol freático.

4.3.4 Montagem e instalação do sistema

A tabela 9 demonstra os serviços, quantitativo, custo unitário e custo total encontrado para a etapa de montagem e instalação do sistema. Nessa etapa, os custos unitários basearam-se na tabela SINAPI não desonerada do mês de maio de 2023 e em cotações.

Tabela 9: Custo para montagem e instalação do sistema

Item	Serviço	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1	Tubo de PVC DN 100 mm para esgoto	M	17	R\$ 16,00	R\$ 272,00
2	Tubo de PVC DN 32 mm para água fria	M	3	R\$ 11,78	R\$ 35,34
3	Curva PVC curta 90 graus, DN 100 mm, para esgoto predial	Unidade	1	R\$ 25,03	R\$ 25,03
4	Válvula de retenção de PVC DN 100 mm	Unidade	1	R\$ 115,04	R\$ 115,04
5	Válvula de retenção de PVC com tampa DN 100 mm	Unidade	1	R\$ 36,90	R\$ 36,90
6	Joelho PVC, soldável, 90 graus, 32 mm, cor marrom, para água fria predial.	Unidade	1	R\$ 3,19	R\$ 3,19
7	Adaptador PVC soldável, com flange e anel de vedação, 32	Unidade	1	R\$ 24,37	R\$ 24,37

	mm x 1", para caixa d'água.				
8	CAP PVC, soldável, 32 mm, para água fria predial.	Unidade	2	R\$ 2,69	R\$ 5,38
9	Tubo PVC série normal, DN 150 mm, para esgoto predial.	M	1	R\$ 41,82	R\$ 41,82
10	CAP PVC, série R, DN 150 mm, para esgoto predial.	Unidade	1	R\$ 67,61	R\$ 67,61
11	Tê de inspeção, PVC, 100 x 75 mm, série normal para esgoto predial.	Unidade	1	R\$ 44,06	R\$ 44,06
12	Silicone acético uso geral incolor 280 g.	Unidade	1	R\$ 27,50	R\$ 27,50
13	Solução preparadora / limpadora para PVC, frasco com 1000 cm ³ .	Unidade	1	R\$ 69,74	R\$ 69,74
14	Adesivo plástico para PVC, frasco com 850 gramas.	Unidade	1	R\$ 61,55	R\$ 61,55
15	Tanque séptico 1500 litros Fortlev	Unidade	1	R\$ 1.765,62	R\$ 1.765,62
16	Caixa d'água / reservatório em polietileno, 1000 litros,	Unidade	1	R\$ 422,66	R\$ 422,66

	com tampa Fortlev				
17	Kit mudas de banana-prata.	Unidade	1	R\$ 131,22	R\$ 131,22
18	Pedra britada nº 4 (50 a 76 mm) posto pedreira/fornec edor, sem frete.	M³	1	R\$ 96,1	R\$ 96,1
19	Tampa de concreto armado para tanque, D = 1,35 m, E = 0,05 m	Unidade	4	R\$ 194,94	R\$ 779,76
TOTAL (R\$)					R\$ 4.024,89

Fonte: Autor (2023)

Nesta etapa, o valor total encontrado foi de R\$ 4.024,89; sendo que as tubulações, tanque séptico, filtro anaeróbio e tampas apresentaram a maior contribuição, resultando em R\$ 3.240,04; representando cerca de 81% do valor total. Percebe-se que essa situação era esperada já que os itens citados executam funções essenciais dentro do sistema como a condução do esgoto e local de tratamento propriamente dito. Ademais, no caso das tubulações, pode-se inferir que o valor encontrado decorre do grande comprimento necessário; e para o tanque, caixa d'água e as tampas, a questão está relacionada com os preços de mercado. Para os outros custos, pode-se explicar que todo o conjunto foi projetado pensando não somente na execução, mas em eventuais manutenções, inspeções e mecanismos de liberação ou prevenção da volta de odores ou acesso de animais para a residência. Para isso, foram necessárias diferentes conexões que incorporaram valor ao orçamento.

Para o caso da operação dos dispositivos é importante dizer que se deve evitar que alimentos, produtos em suas embalagens ou materiais para limpeza sejam encaminhados para o sistema através do esgoto. Deve-se atentar também com o excesso de vazão pode acontecer pela incorporação de água da chuva no sistema, além da possibilidade do encaminhamento de lodo presente no tanque séptico através do esgoto para o filtro anaeróbio, podendo obstruir o meio filtrante de forma mais rápida. Quanto à manutenção, o principal ponto é que conforme foi preconizado no dimensionamento, a limpeza seria feita com limpa-fossa e empresa especializada uma vez no ano. Nesse caso, uma dificuldade que pode acontecer é quanto ao

valor do serviço já que necessita de deslocamento até os assentamentos. Dessa forma, uma alternativa é a realização da manutenção por vários assentados num mesmo período, de forma que possa conseguir alguma forma de tornar menos oneroso este serviço. Além disso, a fim de evitar ou não depender do uso do limpa-fossa, uma alternativa é a capacitação dos próprios moradores do assentamento para que após um intervalo de tempo, estas pessoas façam a remoção do lodo gerado através do tratamento dentro do tanque. Evitando custos com os serviços de limpa-fossa, conforme apontam Rigo et al. (2014) o uso desse lodo feito de forma correta na agricultura pode ser benéfico, melhorando propriedades das culturas.

Com relação à viabilidade, cabe ressaltar dois fatores que podem ser benéficos: a facilidade de se ter acesso a esses tipos de materiais e mão de obra disponível. No primeiro caso, a maioria desses itens são encontrados comumente nas lojas de materiais de construção, além de não serem em sua maioria itens exclusivos ou específicos, ou seja, consegue-se fazer a substituição por outra marca em caso de falta, sem danos maiores para o projeto. Outro fator é a mão de obra, já que os próprios trabalhadores que atuaram em etapas prévias podem realizar a montagem do sistema sem grandes dificuldades.

Em contrapartida, dois aspectos precisam ser considerados e podem dificultar essa etapa: o primeiro é o frete para levar os materiais, tubulações até os assentamentos, que pode acabar elevado. Nesse caso, uma proposta é que os próprios moradores do assentamento se associem de forma que o valor possa ser minorado, ou que todo material necessário seja comprado de uma única vez. O segundo é quanto à suscetibilidade dos materiais necessários com relação às regras, normas do mercado, ou seja, a variação dos preços causada pela questão econômica, o que pode encarecer o custo final da etapa.

4.3.5 Reaterro da vala

A tabela 10 demonstra os serviços, quantitativo, custo unitário e custo total encontrado para a etapa de montagem e instalação do sistema. Nessa etapa, todos os custos unitários basearam-se na tabela SINAPI não desonerada do mês de maio de 2023.

Tabela 10: Custo para reaterro da vala

Item	Serviço	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
1	Reaterro mecanizado de vala com retroescavadeira (capacidade da caçamba da retro: 0,26 m ³ / potência: 88 hp), largura até 0,8 m, profundidade até 1,5 m, com solo de 1 ^a categoria em locais com baixo nível de interferência	M ³	1,5925	R\$ 20,99	R\$ 33,43

2	Reaterro mecanizado de vala com escavadeira hidráulica (capacidade da caçamba: 0,8 m ³ / potência: 111 hp), largura de 1,5 a 2,5 m, profundidade de 1,5 a 3,0 m, com solo (sem substituição) de 1ª categoria em locais com baixo nível de interferência	M ³	22,6	R\$ 11,09	R\$ 250,63
---	---	----------------	------	-----------	------------

TOTAL (R\$)

R\$ 284,06

Fonte: Autor (2023)

Nesta etapa percebeu-se que valor total encontrado foi baixo, sendo que dentro desse valor, a maior contribuição corresponde ao reaterro do trecho em que ficam localizados o tanque e o filtro, com cerca de 88,2 %. Considera-se que tal situação está dentro da normalidade, pois esse trecho apresentou maiores dimensões (largura e profundidade) em relação aos demais, conseqüentemente requereu maiores volumes de solo quando comparado com outros trechos.

Com relação à viabilidade, deve-se pensar em três aspectos: a disponibilidade dos maquinários e do solo, rapidez do serviço e menor esforço físico dos trabalhadores. No caso da disponibilidade, como os maquinários já estão presentes no assentamento para execução da escavação e há o solo que foi retirado durante o processo, estes poderiam ser utilizados

também para etapa do reaterro da vala sem a necessidade de importar solo, conseqüentemente aumentando o custo da etapa. Quanto à rapidez do serviço, a utilização desses maquinários torna-se mais vantajosa quando comparada ao reaterro manual, além do menor esforço físico pelos trabalhadores. Além disso, o reaterro feito de forma manual, segundo a tabela SINAPI, apresenta custo unitário maior que o reaterro de forma mecanizada.

4.3.6 Orçamento final

A tabela 11 demonstra o total necessário para implantação de todo o sistema (coleta, tratamento e destinação), além da representatividade de cada etapa em porcentagem com relação a esse total.

Tabela 11: Orçamento final do sistema

Etapa	Custo total (R\$)	Representatividade dentro do orçamento
Escolha e limpeza da área	R\$ 8,43	0,17 %
Escavação, escoramento e preparo da vala	R\$ 774,71	15,21 %
Montagem e instalação do sistema	R\$ 4.024,89	79,04 %
Reaterro da vala	R\$ 284,06	5,58 %
TOTAL (R\$)	R\$ 5.092,09	100 %

Fonte: Autor (2023)

Analisando principalmente a representatividade do valor de cada etapa dentro do orçamento final, percebe-se que a possível redução no custo de implantação desse sistema poderia ser conseguida tendo como foco a diminuição de valores dos insumos presentes na etapa de montagem e instalação do sistema, seguida da etapa de escavação, escoramento e preparo da vala. Para isso, algumas alternativas podem ser propostas, como o incentivo financeiro ou material por órgãos responsáveis pelas questões referentes aos assentamentos como o Incra, através de programas ou subsidiando o tanque séptico, filtro anaeróbio e tubulações necessárias. Outra medida é o desenvolvimento de estudos nos assentamentos através de parcerias com instituições de ensino, podendo ocorrer a doação de materiais, entre outros.

Cabe ressaltar também que como nas etapas de escolha e limpeza de área; escavação, escoramento e preparo da vala, e reaterro da vala tem-se a contribuição da mão de obra embutida nos serviços, uma alternativa para que possam ser minorados os valores dentro do

orçamento é a utilização da mão de obra dos próprios moradores dos assentamentos, ou seja, estes executariam as etapas para implantar o sistema. Estes moradores poderiam ser capacitados através de ações de extensão por meio de instituições como o IF Goiano Campus Rio Verde, estabelecendo contato entre discentes, docentes da instituição e os assentados. Para corroborar esse raciocínio, quando se realizou o orçamento tendo como fonte as informações fornecidas pela tabela SINAPI não desonerada do mês de maio de 2023 para implantação do projeto, desconsiderando o valor da mão de obra na composição da etapa, houve a redução de aproximadamente R\$ 500,00; já que o valor decaiu de R\$ 5.092,09 para R\$ 4.589,41. Observou-se que a etapa escavação, escoramento e preparo do solo foi aquela que demonstrou sofrer a maior interferência, por causa do valor da mão de obra já que houve redução significativa do valor final da etapa, culminando ainda na diminuição da representatividade dentro do orçamento, possibilitando que fosse elevada a representatividade da etapa de montagem e instalação do sistema.

A partir do orçamento final encontrado com valor de R\$ 5.092,09, foi possível estimar também o total que seria gasto para que esse sistema fosse implantado em todo o assentamento. Para isso, multiplicando o total de lotes com famílias de cada assentamento, que está descrito na tabela 2, encontra-se o valor total de R\$ 519.393,18 para o PA Pontal do Buriti e R\$ 137.486,43 para o PA Rio Verdinho. Analisando os dois assentamentos, seria requerido um investimento de R\$ 656.879,61 para implantação do sistema de forma geral.

É válido apontar também que, como é solução individualizada, esse custo total de implantação, obtido através do orçamento, torna-se mais acessível quando comparado com a execução e operação de um sistema com rede de esgotamento sanitário e uma ETE, pois, por exemplo, Salomão e Honorato (2021) realizaram um estudo em um local com característica semelhante às dos assentamentos, ou seja, com população mais baixa, dimensionando e estimando o custo para uma ETE descentralizada, a partir do que encontraram, percebeu-se que o valor para implantação foi aproximadamente trinta e três vezes maior do que o valor encontrado no presente artigo.

Ademais, ainda no aspecto do custo, quando se compara o valor encontrado do projeto com outros semelhantes, como (CIQUEIRA; PIRES; FERREIRA, 2020; ZAGO; DUSI, 2017; COSTA et al., 2019), nota-se que ocorre pequena diferença, a qual pode ser explicada pela variação dos preços de acordo com os anos, fontes, tabelas de consulta de preços utilizadas,

diferença dos valores dos parâmetros para dimensionamento ou na composição dos dispositivos de acordo com cada situação influenciando no orçamento, entre outros.

Quando se atenta para o custo de operação e manutenção, Pereira e Souza (2020) compararam através de uma matriz, diferentes alternativas para tratamento de esgoto em residência unifamiliar, tais como o tanque séptico e filtro anaeróbio juntos, tanque séptico isolado, tanque séptico e wetlands, reator UASB e biofiltro aerado submerso, entre outros. Nesse estudo ficou demonstrada a vantagem da combinação tanque séptico e filtro anaeróbio em relação aos outros especificamente por três pontos: consumo de energia, frequência de manutenção e especialização para operação. Acrescenta-se a isso, o fato de que conforme Souza, Duarte e Tinôco (2021), num sistema tradicional de esgotamento sanitário com ETEs, a operação e manutenção são mais abrangentes, pois requerem recursos humanos, materiais específicos utilizados no tratamento, eletricidade, entre outros; os quais trazem custos significativos para estas duas etapas.

Cabe salientar também o aspecto ambiental, afinal, é notório que relegar o tratamento do afluente produzido nas residências despejando-o diretamente no solo ou na água não é a atitude mais adequada, pois conforme apontam Marque et al. (2021), o esgoto doméstico é formado por um conjunto de parâmetros (patógenos, matéria orgânica, nutrientes, entre outros) que interferem diretamente no solo (contaminação) e nas pessoas (doenças) de forma negativa quando não se tem o devido cuidado com a coleta, tratamento e destinação. Dessa forma, Jordão e Pessoa (2014) apontam que os dispositivos desse sistema, apresentam remoções satisfatórias de poluentes presentes no esgoto, possibilitando até mesmo o descarte no solo depois de efetuado o tratamento. No caso do presente estudo, esse descarte aconteceria no círculo de bananeiras.

4.4 Conclusão

Portanto, o sistema descentralizado de esgotamento sanitário composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e círculo de bananeiras projetado para uma residência com padrão baixo e composta em média por três pessoas tendo como área de estudo os assentamentos Rio Verdinho e Pontal do Buriti em Rio Verde-GO apresentou o custo total para implantação de R\$ 5.092,09. Para a implantação geral, ou seja, considerando o número total de famílias dos dois assentamentos, o custo total é de R\$ 656.879,61. Além disso a etapa de montagem e

instalação do sistema teve maior participação nesse valor e a escolha e limpeza da área, a menor.

Quanto à viabilidade técnica e econômica, cada etapa apresenta seus pontos positivos e negativos. No geral, como vantagens podem ser destacados alguns pontos como a rapidez na execução do processo e menor esforço físico através do uso de maquinários, facilidade de encontrar materiais que são habitualmente utilizados. Como pontos negativos, podem ser destacados as alternâncias de preço de materiais no mercado, imprevisibilidade da constituição do solo na escavação e o valor do frete para maquinários e materiais.

Ademais, o sistema pode contribuir tanto no aspecto social e econômico, como foi descoberto, quando comparado com outros métodos, tem custo e execução acessível, sendo que estes poderiam até receber contribuição de órgãos governamentais envolvidos com essa área, principalmente na questão financeira. Outro ponto importante, pensando no aspecto ambiental, é a capacidade de produzir um efluente com características mais adequadas e que permita até mesmo seu descarte no solo.

Ressalta-se ainda que como o projeto foi elaborado adotando um padrão de residência e composição familiar específico, sem que características particulares ou intrínsecas dos assentamentos utilizados como área de estudo apresentassem grande interferência, o presente projeto permite que possa ser expandido sua possível implantação em cada lote de outros assentamentos em Goiás, visto o orçamento foi feito com base nos preços do Estado.

4.5 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro, p. 15. 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução**. Rio de Janeiro, p. 74. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12721: Avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios**. Rio de Janeiro, p. 61. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484: Solo – sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, p. 17. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17015: Execução de obras lineares para transporte de água bruta e tratada, esgoto sanitário e drenagem urbana, utilizando tubos rígidos, semirrígidos e flexíveis**. Rio de Janeiro, p. 114. 2023.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI)**, 2023.

CIQUEIRA, K. DE S.; PIRES, D. P.; FERREIRA, C. V. **Comparação econômica entre sistemas individuais de tratamento e disposição de esgoto para aplicação em um assentamento rural na cidade de fortuna, Maranhão**. São Paulo. AESABESP, 2020.

COSTA, L. DE M. F. et al. **Comparativo dos custos de sistemas isolados de tratamento de esgotos sanitário para o Distrito Federal**. Palmas/TO. CONTECC, 2019.

FERNANDES, W. V. et al. Avaliação da remoção de matéria orgânica de efluente de tanque séptico utilizando filtro anaeróbico preenchido com *Luffa cylindrica* como meio de suporte. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 3, n. 1, p. 1–13, 2015.

FERREIRA, D. DE M. et al. Risk perception of populations in Northeastern Brazil about domestic sewage treatment and reuse. **Ambiente & Sociedade**, v. 23, n. suppl 1, p. 186–190, 2020.

FERREIRA, L. A. F. et al. Saneamento rural no planejamento municipal: lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). **Revista DAE**, v. 67, n. 220, p. 36–51, 2019.

FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS, B. S. C. DOS; TONETTI, A. L. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras**. Campinas/SP, 2018.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2023.

HONORATO, L. M. C. et al. Tratamento descentralizado de esgoto doméstico: revisão sistemática. **Revista DAE**, v. 69, n. 233, p. 173–191, 10 nov. 2021.

INCRA. **Assentamentos - Relação de Projetos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/incra/pt-br/assuntos/reforma-agraria/assentamentos-relacao-de-projetos>>. Acesso em: 09 mai. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama Censo 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/indicadores.html>. Acesso em: 29 jul. 2023.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7^a ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

LIBRALATO, G.; GHIRARDINI, A. V.; AVEZZÙ, F. To centralise or to decentralise: An overview of the most recent trends in wastewater treatment management. **Journal of Environmental Management**, v. 94, n. 1, p. 61–68, 2012.

LIRA, V. S. et al. Evaluation of the Efficiency of a Septic Tank Combined with Anaerobic Filter, Filled with Plastic Residue, Including a Root Zone. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 9, n. 2, p. 128–141, 31 ago. 2020.

LOPES SOBRINHO, O. P. et al. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 27, p. 19–33, 2021.

MARQUE, M. B. DE et al. Tecnologia social de saneamento básico: reflexões a partir de uma ação extensionista no assentamento Nova São Carlos. **Retratos de Assentamentos**, v. 24, n. 1, p. 136–157, 2 ago. 2021.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**. 1ª ed. São Paulo: Pini, 2006.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2020.

NEU, V.; SANTOS, M. A. S. DOS; MEYER, L. F. F. Banheiro ecológico ribeirinho: saneamento descentralizado para comunidades de várzea na Amazônia. **Revista Em Extensão**, v. 15, n. 1, p. 28–44, 25 jul. 2016.

NEVES, P. R. DAS. et al. Sistema de tanque séptico e filtro anaeróbio em residências no município de paty do Alferes-RJ. Epitaya E-books, [S. l.], v. 1, n. 15, p. 15-28, 2020. Disponível em: <https://portal.epitaya.com.br/index.php/ebooks/article/view/92>. Acesso em: 15 maio. 2023.

OLIVEIRA NETTO, A. P. et. AL. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v.1, n.3, p.103-113, 2015.

OLIVEIRA, G. M. DE; LEAL, J. T. DA C. P. Soluções sustentáveis para residências rurais: fossa de evapotranspiração e círculo de bananeiras. In: AUTORES, E. DOS (Ed.). **Tópicos em Sustentabilidade & Conservação**. 1. ed. Juiz de Fora/ MG: [s.n.], p. 70–76.

OLIVEIRA, J. P. DE et al. Physico-Chemical characterization of oily sanitary waste and of oils and greases extracted for conversion into biofuels. **Química Nova**, v. 37, n. 4, 2014.

PEREIRA, A. R.; SOUZA, M. A. A. DE. Análise comparativa das alternativas para tratamento de esgotos de residências unifamiliares. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 160, 21 jul. 2020.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 1, 2018.

RIGO, M. M. et al. Destinação e reúso na agricultura do lodo de esgoto derivado do tratamento de águas residuárias domésticas no Brasil. **Gaia Scientia**, v. 8, n. 1, 2014.

SALOMÃO, A. L. DE S.; HONORATO, L. M. C. Dimensionamento de uma estação descentralizada de tratamento de efluentes com tecnologia-social para uma escola municipal. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 9, p. 161–174, 22 ago. 2021.

SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável: aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 8, n. 1, p. 50-68, 2020.

SOUZA, B. DE M.; DUARTE, M. A. C.; TINÔCO, J. D. Custos de operação e manutenção de estação de tratamento de esgotos por reator anaeróbio e lodos ativados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 505–515, jun. 2021.

SPERLING, M. VON. **Wastewater characteristics, treatment and disposal**. London: IWA Publishing, 2007.

TONETTI, A. L. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Primeira E ed. Campinas/SP: Biblioteca Unicamp, 2018.

TREIN, C. M. et al. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 351–367, dez. 2015.

VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

ZAGO, M.; DUSI, L. Tratamento de esgoto por fossa séptica e unidades cementares: estudo de caso na cidade de Fraiburgo-SC. **Ignis**, v. 6, n. 2, p. 95–114, 2017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Perante a realidade encontrada nos assentamentos rurais para o saneamento ambiental com problemas referentes aos serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, coleta e destinação dos resíduos sólidos, devido a vários fatores, sejam políticos, geográficos, econômicos, entre outros, junto às consequências desses problemas, como doenças e poluição ambiental, as medidas descentralizadas tornam-se um caminho mais acessível para trazer maior segurança, dignidade e saúde aos assentados e preservação ao meio ambiente. Sendo assim, buscou-se realizar um projeto englobando três técnicas descentralizadas para residências de dois assentamentos rurais em Rio Verde-GO, especificamente para o esgotamento sanitário, sendo que sequencialmente houve a definição de medidas dos constituintes do projeto, quantificação de materiais, levantamento de custos e análise da viabilidade.

À vista disso, observaram fatores como a simplicidade e as dimensões de diferentes variantes do sistema, o valor da contribuição do esgoto por residência, o tipo de serviço adotado na execução de cada etapa, prezando para que não ocorresse um custo relativamente alto a fim de que todo o conjunto seja implantado. Logo, percebe-se que há viabilidade para execução desse projeto, principalmente se houver apoio de instituições que estejam relacionadas com os assentados rurais ou saneamento, seja por programas existentes, novos, doações, entre outros.

É importante ressaltar algumas limitações que este projeto possa oferecer para a implantação, a primeira delas é quanto à suscetibilidade das variações dos preços dos materiais e serviços necessários, interferindo diretamente no custo total. Além disso, por causa da localização dos assentamentos, normalmente são mais distante de centros urbanos, a questão do frete tanto para os insumos e equipamentos utilizados pode elevar grandemente o orçamento. Outro fator referente às características do lote do assentado, mais precisamente referente à área disponível para implantação e questões topográficas. Ademais, no projeto foram adotados valores, tipos para algumas variáveis como composição familiar e padrão de residência que podem não condizer exatamente com a realidade de uma determinada casa, interferindo no resultado obtido.

Como sugestão para trabalhos futuros, seria importante que fossem realizados projetos que englobem outras três áreas do saneamento. Poderia ser feito um projeto de sistema

descentralizado para o abastecimento adequado de água com a instalação de um clorador acoplado às tubulações que levam a água para as residências ou um projeto com a utilização de lâmpadas que emitem radiação ultravioleta para promover a desinfecção da água para consumo.

Para os resíduos sólidos, pode ser realizado um projeto que aborde a viabilidade de ser realizada a coleta seletiva, e depois disso, com os resíduos orgânicos possa ser feita a compostagem em cada residência ou dependendo da disposição das residências no assentamento, poderia ser feito uma usina de compostagem. Além disso, no caso dos resíduos recicláveis, poderia ser analisada a viabilidade para implantação de uma usina de reciclagem.

Ademais, com a implantação de fato do projeto em um lote, poderia ser verificada a qualidade do efluente tratado, ou seja, suas características, através de visitas periódicas a fim de atestar também a possibilidade de reúso no próprio lote do assentamento para alguma atividade ou se o efluente está adequado para ser despejado num corpo hídrico conforme legislações nacionais. A implantação desse projeto poderia ser feita em lotes que estejam utilizando fossas rudimentares ou despejando esgoto no solo ou rios do assentamento Rio Verdinho, principalmente pelo fato deste assentamento ter maior proximidade com a cidade de Rio Verde-GO do que o outro utilizado nesse trabalho, logo facilitaria o deslocamento de materiais, mão de obra e maquinários entre cidade e assentamento

Por último, poderia ser feito um projeto para que promova a captação das águas pluviais de forma que permita sua reutilização para fins não potáveis através de um sistema com reservatórios por exemplo.

ANEXO A - Assentamento Pontal do Buriti



Fonte: Google Earth (2023)

ANEXO B – Assentamento Rio Verdinho



Fonte: Google Earth (2023)