



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

VICTOR HUGO SALOMÉ LEDUX

**UTILIZAÇÃO E EFICÁCIA DE BIODIGESTORES EM REGIÕES COM SOLO
ARENOSO UM ESTUDO DE CASO**

PALMAS

2025

VICTOR HUGO SALOMÉ LEDUX

**UTILIZAÇÃO E EFICÁCIA DE BIODIGESTORES EM REGIÕES COM SOLO
ARENOSO UM ESTUDO DE CASO**

Projeto de trabalho de conclusão de curso (TCC II) apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Me. Octaviano Sidnei Furtado

**PALMAS
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

L472u Ledux, Victor Hugo
 Utilização e eficácia de Biodigestores em regiões com solo arenoso um
 estudo de caso / Victor Hugo Ledux. – Palmas, TO, 2025.
 61 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Me. Octaviano Sidnei Furtado

1. Solo arenoso. 2. Biodigestor. 3. Tanque Séptico. I. Furtado, Octaviano
Sidnei. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).**

FOLHA DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO E EFICÁCIA DE FOSSAS ECOLÓGICAS EM REGIÕES COM SOLO ARENOSO

Projeto de trabalho de conclusão de curso (TCC II) apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenheiro Civil do Instituto Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA



Documento assinado digitalmente
JOSE ADEMILSON DOS SANTOS JUNIOR
Data: 18/08/2025 15:48:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Arquiteto. José Ademilson Santos Junior



Documento assinado digitalmente
MICHELLE LUDMILA GUEDES DOS SANTOS
Data: 18/08/2025 16:06:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Michelle Ludmila Guedes dos Santos



Documento assinado digitalmente
OCTAVIANO SIDNEI FURTADO
Data: 18/08/2025 14:59:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado

RESUMO

Tendo em vista que no âmbito da construção civil, especialmente na área de tratamento de efluentes, o solo assume um papel crítico para determinação do tipo de método que será empregado para o tratamento de esgoto, gerando exigências específicas, facilitando ou dificultando o processo. Destaca-se que para o tratamento de esgoto ocorrer de forma correta e gerar um efluente dentro dos parâmetros estabelecidos, o método adotado deve se adequar e cumprir as necessidades e dificuldades oferecidas pelo ambiente em questão. O presente estudo busca evidenciar como as fossas ecológicas instaladas em regiões de solo arenosos podem apresentar uma série de vantagens quando comparada ao Tanque séptico método convencional de tratamento de esgoto, seja no âmbito ambiental, seja na viabilidade de aplicação do sistema. Identifica-se dificuldades adicionais na aplicação do tanque séptico em solos com pouca aderência, surgindo a necessidade de apoios estruturais, exigência de adaptação técnicas e emprego de métodos complementares de tratamento, causando um aumento no custo de implementação. Assim, conclui-se que uma análise comparativa entre os métodos de tratamento de esgoto para aplicações em locais com características específicas, faz-se necessária para o enriquecimento profissional, fornecendo alternativas viáveis e sustentáveis de tratamento de esgoto para todos os ambientes, sejam eles residências ou empreendimentos comerciais, conversando diretamente com a boa manutenção de meio ambiente e consequentemente melhorando a qualidade de vida dos usuários.

Palavras-chave: Solo arenoso. Fossa ecológica. Métodos convencionais. Tanque séptico.

ABSTRACT

Given that in the field of civil construction, especially in the area of wastewater treatment, soil plays a critical role in determining the type of method to be employed for sewage treatment, generating specific requirements that can either facilitate or hinder the process. It is essential that wastewater treatment occurs correctly and produces an effluent within the established parameters. Therefore, the chosen method must adapt to and meet the challenges and demands posed by the environment in question. This study aims to highlight how ecological septic tanks installed in sandy soil regions can offer several advantages when compared to the conventional septic tank method for wastewater treatment, whether in terms of environmental benefits or the feasibility of system implementation. Additional challenges are identified in the application of conventional septic tanks in soils with low adhesion, leading to the need for structural supports, technical adaptations, and complementary treatment methods, which ultimately increase implementation costs. Thus, it is concluded that a comparative analysis of sewage treatment methods for applications in locations with specific characteristics is necessary for professional enrichment, providing viable and sustainable wastewater treatment alternatives for various environments, whether residential or commercial. This aligns directly with proper environmental maintenance and consequently improves the quality of life for users.

Keywords: Sandy soil. Ecological septic tank. Conventional methods. Septic tank.

LISTA DE QUADROS

Tabela 1 – Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio....	18
Tabela 2 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.....	19
Tabela 3 – Taxa de acumulação de lodo total de lodo (K) em dias, por intervalo de limpeza e temperatura do mês mais frio.....	19
Tabela 4 – Coeficiente de percolação por constituição do solo.....	43
Tabela 5 – Conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial.....	43
Tabela 6 – Orçamento sintético Ecofossa.....	47
Tabela 7 – Orçamento sintético Tanque séptico.....	49
Tabela 8 – Acréscimo anual por manutenção.....	52

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Lançamento de esgoto diretamente nas ruas de um bairro urbanizado.....	13
Figura 2 – Sistema combinado Tanque séptico/filtro biológico.....	17
Figura 3 – Filtro anaeróbico.....	25
Figura 4 – Caixa gradeada + Filtro anaeróbico, vista superior.....	27
Figura 5 – Caixa gradeada + Filtro anaeróbico, vista lateral.....	27
Figura 6 – Ventilação da Ecofossa.....	30
Figura 7 – Implantação da Edificação em estudo.....	37
Figura 8 – Loja, apresentação em projeto.....	38
Figura 9 – Banheiros, apresentação em projeto.....	38
Figura 10 – Quiosque das Dunas, apresentação em projeto.....	39
Figura 11 – Quiosque das dunas, planta baixa.....	39
Figura 12 – Solo arenoso região do Jalapão Mateiros – TO.....	41
Figura 13 – Sistema de Ecofossa com vala de infiltração.....	42
Figura 14 – Sistema de Tanque séptico com filtro e sumidouro.....	45
Figura 15 – Biorremediador da marca ENZILIMP.....	52

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Problema de pesquisa.....	10
1.2	Justificativa.....	10
1.3	Objetivos.....	11
1.3.1	Objetivo Geral.....	11
1.3.2	Objetivos Específicos.....	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	Sistemas de tratamento de esgoto.....	13
2.1.1	Esgoto doméstico.....	13
2.1.2	Sistema de tratamento com tanque séptico.....	15
2.1.2.1	Procedimentos construtivos.....	20
2.1.2.2	Vantagens e Desvantagens.....	21
2.1.3	Sistema de tratamento com Ecofossa.....	22
2.1.3.1	Procedimentos de instalação.....	28
2.1.3.2	Vantagens e Desvantagens.....	30
2.2	Características do solo arenoso.....	31
2.2.1	Composição e características do solo Arenoso.....	31
2.3	Normas e regulamentos.....	33
2.3.1	Normas e regulamentos sobre fossas ecológicas.....	33
2.3.2	Legislação ambiental brasileira.....	34
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
3.1	Descrição do estudo.....	36
3.2	Objeto de Pesquisa.....	37
3.2.1	Dimensionamento do Biodigestor.....	41
3.2.2	Dimensionamento da Vala de infiltração.....	42
3.3	Objeto de comparação.....	44
3.3.1	Dimensionamento do Tanque séptico.....	45
3.3.2	Dimensionamento do Filtro Anaeróbico.....	46
3.3.3	Dimensionamento do Sumidouro.....	46
4	SOFTWARES	47
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47

5.1	Análise Orçamentária.....	47
5.2	Comparativo de manutenção.....	50
5.3	Viabilidade técnica de instalação.....	54
5.4	Desafio e Limitações.....	55
6	CONCLUSÕES.....	57
7	PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS.....	58
8	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico são de suma importância para a garantia da saúde pública e uma melhor manutenção do meio ambiente. A água com tratamento inadequado ligado diretamente a ineficiência do sistema de manejo de resíduos sólidos adotado poderá ser causadora de doenças (Lisboa; Heller; Silveira, 2013). Com o rápido crescimento da população, aumenta também a necessidade de desenvolver novas alternativas para o tratamento de esgoto, que sejam capazes de atender diferentes realidades, especialmente em áreas mais afastadas e com condições específicas de solo e infraestrutura.

No Brasil muitas regiões ainda enfrentam grandes problemas relacionados ao tratamento do esgoto doméstico. Fora dos grandes centros, como em pequenos municípios e regiões rurais ainda é comum a utilização de tanques sépticos sem métodos complementares de tratamento, como filtros e sumidouros e em casos mais extremos, ainda ocorre a utilização de fossas negras, método rudimentar de tratamento, sistema que consiste em um buraco sem nenhum revestimento, onde é despejado o esgoto e posteriormente tapado e abandonado, sem nenhum tipo de cuidado, causando grande risco de contaminação ao solo e ao próprio usuário.

O processo de tomada de decisão relacionado a tecnologia de tratamento de esgoto doméstico mais adequada, ainda se centraliza em resoluções de problemas em regiões urbanas e de grandes centros, surge então a necessidade por busca de métodos que resolvam os problemas encontrados em pequenos municípios, regiões isoladas e comunidades nativas. Muito se aponta como opções viáveis, os métodos descentralizados de tratamento, que são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou o reuso do efluente próximo ao local de sua geração, como exemplo temos fossas sépticas, fossas verdes, filtros anaeróbicos e círculos de bananeira, que são tecnologias acessíveis, com facilidade de replicação e de operação (TONETTI et al., 2018).

Para a determinação de tipo de tratamento é de suma importância seguir diretrizes da resolução nº 430, do conselho Nacional de meio Ambiente (CONAMA, 2011), que estabelece os padrões e parâmetros para lançamento e despejo de efluentes ao meio ambiente. Os meios convencionais de tratamento de esgoto, mesmo sendo amplamente utilizados, principalmente em regiões pouco desenvolvidas e isoladas, não são capazes de suprir todas as necessidades das adversidades que surgem em cada empreendimento, sendo as características do solo um dos pontos mais importantes a serem considerados, tanto pela parte estrutural, quanto pela parte de absorção de efluentes.

O tratamento de esgoto com tanque biodigestores não é uma tecnologia conhecida como nova, mas seu espaço no mercado e sua disseminação vem ganhando cada vez mais força com a preocupação em relação ao meio ambiente se tornando pauta principal nos últimos anos. As fossas Ecológicas se alinham diretamente com as pautas atuais, principalmente em relação ao reuso de águas, o seu método de funcionamento por processos anaeróbicos para decompor matéria orgânica, trata o esgoto e devolvendo ao ambiente um produto rico em nutrientes, podendo ser aplicado de diversas formas diferente, como irrigação ou limpeza de áreas externas (ECOFOSSA, 2024). Analisar de forma correta qual opção tratamento de esgoto será adotada é de suma importância para que o sistema funcione da melhor maneira possível, gerando garantia de qualidade de saneamento básico a todos, independente das adversidades e melhorando a qualidade de vida consequentemente.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Em regiões com predominância de solo arenoso, a implantação de sistemas convencionais de tratamento de esgoto doméstico apresenta maior complexidade de instalação e custos elevados. Isso se deve à necessidade de adaptações técnicas específicas, como os reforços estruturais das instalações e uma atenção redobrada com a impermeabilização do sistema, com o objetivo de evitar impactos ambientais decorrentes da elevada taxa de infiltração e da baixa capacidade de sustentação desse tipo de solo, que possui pouca aderência.

Dessa forma o problema de pesquisa concentra-se em contornar as necessidades especiais conferidas a esse tipo de solo, buscando alternativas que se adaptem a ele e forneça uma melhor logística para instalação de um sistema de tratamento de esgoto doméstico, compreendendo também o âmbito ambiental e a sustentabilidade do sistema.

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil aproximadamente de 43,7% dos municípios utilizam métodos alternativos de tratamento de esgoto sanitário, alguns deles não se adequando as condições do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) (SNIS, 2022). Dentre essas alternativas, destaca-se o Tanque séptico, que se encaixa nos parâmetros de tratamento de esgoto, apesar da necessidade adicional de um método de tratamento de efluente com um filtro e meio de infiltração no solo caso necessário, como um sumidouro (SNIS, 2022).

Para regiões isoladas, comunidades carentes ou com características específicas como solos arenoso, a utilização de Tanque séptico acaba sendo a primeira a opção mesmo ela não se mostrando como o método mais viável e com um processo oneroso de implementação, por problemas adicionais como a necessidade de apoios estruturais pela baixa aderência do solo, causando mais custos na sua implantação e a dificuldade de retenção dos líquidos tratados, pela alta taxa de infiltração do ambiente, devolvendo ao meio um efluente com pouca filtragem e com possibilidades de contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático dependendo da sua altura.

A utilização de fossas ecológicas surge como uma opção viável e de grande importância social, pois oferece uma solução sustentável para o saneamento básico em locais onde a implementação de redes de esgoto convencionais é inviável, e não enfrenta os mesmos problemas quando exposta a solos arenosos como o Tanque séptico. A utilização de fossas ecológicas acaba se alinhando diretamente com o Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especialmente no que tange ao acesso à água potável e ao saneamento.

Do ponto de vista acadêmico e científico, este estudo acaba sendo relevante para o curso de engenharia pois proporciona mais conhecimentos de soluções técnicas inovadoras e adaptáveis a diferentes contextos geográficos e sociais. A investigação da eficiência do tratamento das fossas ecológicas em solo arenoso com alta taxa de infiltração, colabora para avançar o conhecimento na área de geotecnia e saneamento ambiental, integrando ciência, tecnologia e responsabilidade social.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a utilização e a eficácia das fossas ecológicas em regiões de solo arenoso, buscando agregar novas saídas no âmbito da engenharia e soluções de saneamento básicos que sejam ambientalmente sustentável e economicamente viáveis, além de fornecer bases técnicas e científicas que orientem a implementação desses sistemas em diferentes contextos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho será investigar as principais vantagens técnicas e a viabilidade econômica associadas a implementação de um Biodigestor em regiões com solos arenosos quando comparada a um sistema de tanque séptico instalado no mesmo contexto, com o intuito de determinar o melhor método para um empreendimento com essas características geográficas, abrangendo a parte de logística de instalação, custos iniciais para implantação do sistema e acréscimos de custos com manutenção com o decorrer do tempo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar um projeto de implantação de fossa ecológica da marca Ecofossa, em um quiosque turístico localizado na região do Jalapão, Mateiros – TO.
- Identificar os custos de instalação e manutenção do Biodigestor com uma vala de infiltração e de um Tanque séptico com filtro anaeróbico e Sumidouro.
- Identificar as vantagens e desvantagens de cada sistema de tratamento de esgoto para o empreendimento e o meio ambiente.
- Identificar as limitações de implantação e os benefícios gerados por cada método de tratamento para a região em que ele foi instalado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sistemas de tratamento de esgoto

2.1.1 Esgoto doméstico

Entende-se como esgoto doméstico, todo e qualquer despejo proveniente das ações humanas contendo resíduos orgânicos, detergentes e outros poluentes. Nos domicílios, a maior parte da água é transformada em esgoto após atividades como lavagem de roupas, louças e higiene pessoal. Esse tipo de descarte quando não tratados adequadamente, pode contaminar corpos hídricos, representando risco a saúde pública e ao meio ambiente. A falta de saneamento básico e o descarte inadequado de esgoto impactam diretamente na qualidade de vida da população, principalmente em áreas vulneráveis (ANA, 2023).

Figura 1 – Lançamento de esgoto diretamente nas ruas de um bairro urbanizado.



Fonte: Adriano L. Tonetti, 2018.

Dentro da necessidade de um maior cuidado com o meio ambiente e uma maior responsabilidade com o descarte de efluentes o Conama trás com a resolução nº 430, de maio de 2011, as condições e parâmetros de lançamentos e de efluentes no meio ambiente, visando regulamentar e assegurar que o descarte de efluentes líquidos não comprometa o solo e os corpos hídricos, garantindo a qualidade das águas e dos ecossistemas.

O saneamento básico, em particular o tratamento de esgoto, representa um pilar fundamental para a saúde pública, a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável de

qualquer sociedade. A descarga de efluentes domésticos não tratados em corpos hídricos acarreta uma série de impactos negativos, que vão desde a proliferação de doenças de veiculação hídrica até o acúmulo excessivo de nutrientes na água, o que favorece o crescimento descontrolado de algas e compromete o equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, resultando na degradação da biodiversidade. Diante desse cenário, é fundamental compreender de forma ampla como funcionam os sistemas de tratamento de esgoto. Essa compreensão deve ir além dos aspectos técnicos da engenharia, incluído as ações práticas que sustentam esse sistema, as inovações tecnológicas disponíveis e os desafios que ainda precisam ser enfrentados para soluções futuras (Dogemma et al 2016).

Com a aumento da densidade demográfica surge também a necessidade de facilitar acesso aos métodos de tratamento de esgoto doméstico e garantir também a sua eficácia. Com uma população cada vez maior, aumenta-se também a quantidade de esgoto bruto gerado, impactando diretamente o lançamento de efluentes em solo ou corpos hídricos, sejam eles tratados ou não.

Segundo o SNIS (2022), os sistemas de tratamento de esgoto doméstico correspondem uma de variadas ações responsáveis pela manutenção da saúde pública, do meio ambiente e de recursos naturais. O tratamento de esgoto consiste em um conjunto de ações destinadas a agilizar o processo de purificação da água antes de seu reuso ou descarte no meio ambiente. Para esse processo há diversos métodos disponíveis, cuja aplicação pode variar conforme as condições e necessidades específicas de cada local.

O tratamento de esgoto é um processo complexo que visa remover contaminantes físicos, químicos e biológicos da água residuária antes de seu descarte ou reuso. A base teórica desses processos reside na aplicação de princípios de diversas disciplinas científicas, como a química, a microbiologia, a hidráulica e a engenharia de processos (De Souza 2022).

Segundo o SNIS (2022), o Tratamento de esgoto segue quatro fases para uma disposição certa no meio ambiente. Sendo a primeira a fase preliminar, onde ocorre a remoção de materiais de maior dimensão, por meio de gradeamento o da desarenação, essa fase é aplicada para grandes estações de tratamento onde há necessidade de remoção de materiais maiores. A segunda fase corresponde ao tratamento primário, onde há a remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. O tratamento secundário ou biológico é a terceira fase, onde a matéria orgânica é quebrada por processos aeróbicos e/ou anaeróbicos, como por exemplo em tanques sépticos. E por fim a última fase, o tratamento terciário, utilizado com fins de eliminar poluentes específicos como microrganismos e patógenos.

A análise teórica dos sistemas de tratamento de esgoto revela um campo multidisciplinar e em constante evolução. Desde os fundamentos da separação físico-química e da biotransformação microbiana até os sistemas com base em processos anaeróbicos e mais compactos, cada aspecto contribui para a facilidade do entendimento geral e a eficácia desse conjunto de ações que representa tanto para a vida. Os desafios impostos pelos novos contaminantes, a busca por maior eficiência energética e a necessidade de resiliência climática impulsionam a pesquisa e o desenvolvimento contínuos (De Sousa Xavier 2022).

A compreensão teórica aprofundada sobre a geração de esgoto e o seu respectivo tratamento não é apenas um requisito para engenheiros e cientistas, mas uma ferramenta essencial para formuladores de políticas ambientais e para a sociedade em geral, que busca garantir a qualidade da água, proteger o meio ambiente e promover a saúde pública em um mundo cada vez mais urbanizado e populoso. O futuro do tratamento de esgoto reside na integração de abordagens inovadoras, na otimização de processos existentes e na aplicação rigorosa dos princípios científicos e de engenharia para assegurar um futuro mais limpo e sustentável (Dogemma et al 2016).

2.1.2 Sistema de tratamento com tanque séptico

O tratamento de esgoto em áreas desprovidas de infraestrutura sanitária centralizada representa um desafio significativo em muitos países, e o Brasil não é exceção. Nesse contexto, o tanque séptico surge como uma solução amplamente empregada, especialmente em regiões rurais, de baixa densidade populacional e naquelas não atendidas por redes coletoras de esgoto convencionais. A sua relevância reside na capacidade de proporcionar um tratamento preliminar e primário do esgoto doméstico, contribuindo para a minimização dos impactos ambientais e para a promoção da saúde pública (Lisboa et al 2013).

A concepção fundamental do tanque séptico baseia-se em processos físico-químicos e biológicos que ocorrem em ambiente anaeróbio. Trata-se de uma unidade de tratamento subterrânea, cuidadosamente projetada para receber o esgoto proveniente de residências e estabelecimentos. Ao adentrar o tanque, o esgoto é submetido a uma série de fenômenos. Inicialmente, ocorre a sedimentação dos sólidos suspensos mais densos, que se depositam no fundo do tanque, formando o lodo primário. Concomitantemente, materiais mais leves, como óleos e graxas, flutuam para a superfície, constituindo a espuma. Entre essas duas camadas, forma-se a zona de líquido tratado, também conhecida como efluente (Donagemma et al 2016).

Segundo a NBR 17.076 (2024), os tanques sépticos podem apresentar características cilíndrica ou prismática retangular, com um fluxo horizontal e com um sistema de câmara única ou em série, variando de acordo com a necessidade e com a quantidade de esgoto a ser tratado. É recomendado o uso de tanques cilíndricos para empreendimentos que buscam priorizar a área útil, obtendo um tanque com maior profundidade. Os tanques prismáticos são recomendados em situações em que a profundidade é priorizada, obtendo um produto com maior área horizontal, geralmente implantados em regiões com lençol freático alto.

A decomposição da matéria orgânica presente no lodo e na espuma é realizada por microrganismos anaeróbios, processo conhecido como digestão anaeróbia. Essa digestão resulta na redução do volume de sólidos e na produção de biogás, composto principalmente por metano e dióxido de carbono. É crucial ressaltar que, embora eficiente na remoção de sólidos e na redução da carga orgânica, o efluente do tanque séptico ainda contém patógenos e nutrientes que podem ser prejudiciais ao meio ambiente se descartados diretamente (Feinstein 2024).

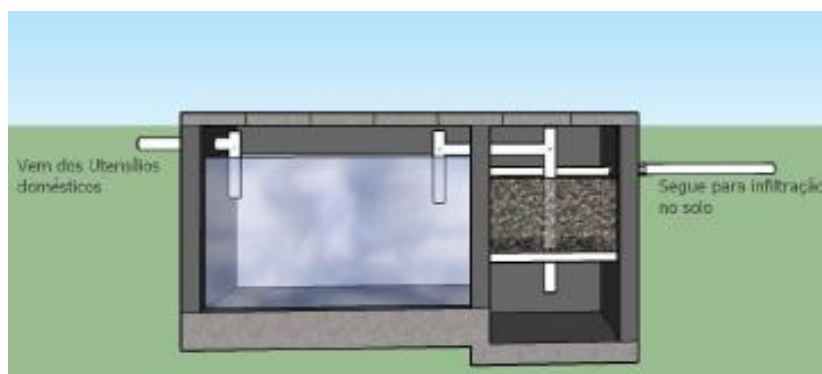
Nesse sentido deve se levar em consideração que o tanque séptico necessita de um tratamento complementar, para garantir uma qualidade aceitável de efluente para disposição em solo. Geralmente o filtro biológico é a tecnologia mais indicada para esse tipo de tratamento. Segundo a FUNASA (2021), O filtro biológico deve contar com uma tubulação específica para a remoção do lodo acumulado. Este lodo, composto por biomassa microbiana e sólidos decantados, necessita ser removido periodicamente para evitar a colmatação do sistema e a consequente perda de eficiência (Vieira 2022).

A remoção do lodo é uma das tarefas mais importantes para manutenção do sistema. Ela deve ser executada por profissionais devidamente qualificados, que possuam o conhecimento técnico e os equipamentos apropriados para manusear o material de forma segura. A destinação final correta do lodo removido é outro ponto crítico, tendo em vista que este material pode conter elevadas concentrações de patógenos e substâncias potencialmente nocivas, exigindo tratamento e descarte em conformidade com as normas ambientais vigentes para prevenir a contaminação do solo e da água (De Sousa Xavier 2022).

Adicionalmente, a FUNASA (2021) enfatiza a necessidade de que a periodicidade da limpeza do filtro biológico seja meticulosamente estabelecida no projeto técnico do sistema. Esta especificação deve levar em consideração fatores como a vazão de efluente, a carga orgânica a ser tratada, as características do afluente, o tipo de material filtrante empregado e as condições climáticas locais. A definição de uma rotina de manutenção preventiva, que inclua a remoção programada do lodo, é essencial para garantir a funcionalidade contínua do filtro biológico e, por conseguinte, a qualidade do efluente tratado.

A negligência na manutenção pode acarretar em perda de desempenho do sistema, na emissão de odores desagradáveis, também em proliferação de vetores de doenças e em última instância, na contaminação do meio ambiente e na ameaça à saúde pública (Moreira; Paiva 2022).

Figura 2 – Sistema combinado Tanque séptico/filtro biológico.



Fonte: Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (2022)

Se tratado de tanques sépticos a Associação Brasileira de Normas técnicas (ABNT), oferece a NBR 17.076 de 2024, que é basicamente a união da NBR 13.996 de 1997 e NBR 7.229 de 1993. Essa união surge como uma regularização atualizada que busca estar de acordo com exigências e necessidades dos dias atuais. A atualização traz uma série de alternativas técnicas para o desenvolvimento, implantação e funcionamento de unidades destinadas ao tratamento complementar e à disposição final dos efluentes provenientes de tanques sépticos.

Com a unificação e a atualização da norma, novos parâmetros são introduzidos, como a exigência de que o tratamento com tanque séptico seja seguido por um tratamento complementar, para que haja uma maior eficácia do sistema. Inicialmente a utilização de tratamentos complementares aparecia em normas como uma indicação de forma subtendida e agora passa a ser uma exigência. A norma também incentiva o reaproveitamento do efluente tratado, principalmente para áreas com poucos recursos hídricos onde a reutilização da água tratada pode representar uma solução vital para diversas finalidades não potáveis, como irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários e lavagem de pisos.

Segundo a NBR 17.076 (2024) para o dimensionamento de um Tanque séptico são considerados os seguintes parâmetros:

V = Volume Útil (litros).

N = número de pessoas ou unidades de contribuição.

C = contribuição de despejos (litros/pessoas x dia/unidades x dias).

T= período de retenção em dias.

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

Lf= contribuição de lodo fresco (litros/pessoas x dia/unidades x dias).

Para dimensionamento do volume útil do tanque séptico é utilizada a fórmula:

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

A fórmula deve ser aplicada com o apoio das tabelas da NBR 17.076:2024, sendo elas:

Tabela 1 – contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgotos (C) e de lodo fresco (Lf)	
Ocupantes permanentes			
– Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1
– Hotel	Pessoa	100	1
– Alojamento provisório	Pessoa	80	1
Ocupantes temporários			
– Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
– Escritório	Pessoa	50	0,20
– Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
– Escolas (externatos) ou locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
– Bares	Pessoa	6	0,10
– Restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
– Cinema, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
– Sanitários públicos*	Bacia sanitária	480	4,00
*apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc)			

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2024)

Tabela 2 – Período de retenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2024)

Tabela 3 – Taxa de acumulação de lodo total de lodo (K) em dias, por intervalo de limpeza e temperatura do mês mais frio.

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

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2024)

Para empreendimentos com volumes pequenos e médios, atendendo uma população de até 30 pessoas, o Tanque séptico pode ser dimensionado com o tipo câmara múltipla em série.

A quantidade de câmeras varia de acordo com as características geométricas do tanque, para tanques cilíndricos até três câmaras em série, para tanques prismáticos duas câmaras em série (ABNT NBR, 2024).

É fundamental ressaltar que o dimensionamento preciso e a construção adequada dos tanques sépticos, em conformidade com a ABNT NBR (2024), são cruciais para a garantia do desempenho e da sustentabilidade desses sistemas. A não observância das diretrizes normativas pode acarretar ineficiência do tratamento, risco de contaminação ambiental e problemas de saúde pública (Nascimento 2024).

2.1.2.1 Procedimentos construtivos

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), especialmente no que se refere à estabilidade estrutural, estanqueidade e segurança sanitária, os tanques sépticos devem ser projetados e construídos de forma a garantir resistência às solicitações de cargas horizontais e verticais, conforme o local de instalação, sejam áreas públicas ou privadas.

Para tanques de até 6 m³, usualmente empregados em residências, é recomendado o uso de alvenaria estrutural de tijolos maciços com espessura de 20 a 22 cm para a construção das paredes internas, ou pode ser executado em concreto armado com espessura de 8 a 10 cm, moldado no local. Também é permitida a utilização de componentes pré-moldados como chapas metálicas revestidas e concreto armado pré-moldados, que são amplamente comercializados em volumes específicos ou fabricados de acordo com a necessidade do projeto. É importante que essas alternativas construtivas apresentem resistência estrutural equivalente.

A estanqueidade do tanque é um requisito essencial. Para os modelos construídos em alvenaria, torna-se obrigatória a aplicação de revestimento interno com argamassa de cimento e areia no traço 1:3 e espessura mínima de 1,5 cm. A tampa do tanque deve ser dimensionada para resistir às cargas atuantes sobre sua superfície e possuir aberturas adequadas para inspeção e manutenção (ABNT NBR, 2024).

Inicialmente deve ser feita análise do terreno e do projeto arquitetônico para a escolha mais adequada para a implantação. A instalação não deve ser feita em regiões sujeitas a tráfegos de veículos e com lençol freático elevado. Contudo, caso a instalação em tais áreas seja inevitável, o tanque deverá possuir resistência suficiente para suportar as cargas acidentais, incluindo aquelas provenientes do reaterro, pressões horizontais de terra e pressão hidráulica decorrente da elevação do nível freático (ABNT NBR, 2024).

Logo após a escolha do local se inicia os processos de escavação. A escavação pode ser feita de forma manual ou mecanizada, variando de acordo com o tamanho do tanque e com o investimento inicial do empreendimento. Ela deve ser realizada em dimensões adequadas ao modelo do tanque, garantindo uma base firme e nivelada. Com a escavação concluída se inicia a execução da laje de fundo, ela deve ser feita previamente à elevação das paredes ou implantação da estrutura pré-moldada.

Com a estrutura finalizada deve ser feito um ensaio de estanqueidade, para garantia de eficiência do tanque. O ensaio consiste em preencher o tanque com água até a altura da geratriz inferior do tubo de saída e observar a variação do nível após 12 horas. A perda de volume superior a 3% da altura útil indica falhas na estanqueidade, exigindo a correção de trincas ou fissuras e a realização de novo ensaio. Após aprovação do teste, realiza-se o reaterro com solo apropriado e compactação leve, a fim de não comprometer a estrutura (ABNT NBR, 2024).

2.1.2.2 Vantagens e Desvantagens

O tratamento de esgoto é uma preocupação ambiental e de saúde pública de suma importância em escala global. Dentro do leque de soluções disponíveis para essa finalidade, o sistema de tratamento por meio de tanque séptico se destaca como uma alternativa amplamente utilizada, especialmente em contextos em que a conexão à rede pública de esgoto não exista ou não seja economicamente inviável (De Souza 2022).

Contudo, a adoção de tal sistema não é desprovida de complexidades, ela exige uma avaliação minuciosa de suas vantagens e desvantagens, as quais devem ser ponderadas com rigor durante todas as fases do planejamento e execução do projeto. A compreensão aprofundada desses aspectos é crucial para garantir a eficácia do sistema, a proteção ambiental e a conformidade com as diretrizes normativas vigentes (Ribeiro 2024).

- As vantagens relacionadas ao sistema de tanque séptico são múltiplas e justificam sua popularidade em diversas configurações, sendo elas:
 - Baixo custo operacional – Após a instalação, os custos de manutenção são relativamente baixos em comparação com outros sistemas de tratamento de esgoto.
 - Eficiência no tratamento primário – Remove sólidos suspensos e reduz a carga orgânica antes do descarte ou tratamento secundário.
 - Autossuficiência – Não requer uma conexão com redes de esgoto públicas, sendo uma boa opção para áreas rurais ou locais afastados.

- Durabilidade – Quando bem projetado e mantido, um tanque séptico pode durar várias décadas.
- Facilidade de manutenção – A remoção do lodo acumulado é necessária apenas periodicamente (geralmente a cada 3 a 5 anos).
- Adequação aos padrões normativos exigidos – Segue o padrão da NBR 17.076 de 2024.
- Viabilidade econômica a longo prazo – Possibilita a redução de custos a longo prazo quando comparado a outras tecnologias de tratamento.
- No entanto, é imprescindível reconhecer que o sistema de tanque séptico também apresenta uma série de desvantagens que demandam atenção e planejamento criterioso. Sendo elas:
 - Necessidade de espaço – Requer uma área adequada para a instalação do tanque e do sistema de drenagem (sumidouro ou valas de infiltração).
 - Possível contaminação do solo e lençol freático – Se não for corretamente instalado ou mantido, pode causar impactos ambientais.
 - Eficiência limitada – Não remove totalmente patógenos, nutrientes e poluentes químicos, necessitando, e com a atualização da norma de forma obrigatória necessita de um tratamento complementar.
 - Dependência da remoção periódica do lodo – O acúmulo de resíduos exige limpeza periódica, o que pode gerar custos e demanda serviços especializados.
 - Possíveis odores e entupimentos – Um sistema mal projetado ou mal utilizado pode causar problemas de mau cheiro.
 - Disseminação de poluição – vazamentos do sistema de esgoto ou conexões ilegais podem causar poluição difusa.
 - Dessa forma, a escolha da implementação de um sistema de tanque séptico, deve ser feita em conformidade com os estudos de suas limitações, a análise das vantagens e desvantagem, vai garantir que o projeto esteja de acordo com as necessidades locais e as regulamentações vigentes.

2.1.3 Sistema de tratamento com Ecofossa

O tratamento de esgoto tem emergido como uma preocupação central no cenário global, impulsionado pela crescente escassez hídrica e pela necessidade e urgência de preservação de ecossistemas aquáticos. Nesse contexto, o sistema de tratamento de esgoto com fossa ecológica

se destaca como uma alternativa promissora e sustentável. Esta alternativa traz uma abordagem inovadora em relação aos métodos convencionais, oferecendo uma solução viável economicamente para o tratamento do esgoto doméstico, com implicações significativas para a conservação de recursos e a minimização do impacto ambiental. A sua eficácia reside na utilização de um processo biológico sofisticado, que se alinha com os princípios da economia e da sustentabilidade ambiental (Feinstein 2024).

O sistema de tratamento de esgoto com fossa ecológica é uma alternativa sustentável para tratamento de esgoto. Ele trata o esgoto doméstico com um sistema Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB), termo em inglês utilizado para descrever um reator anaeróbico que funciona por processo de decomposição de matéria, de forma biológica, e, sem a necessidade de oxigênio. A característica que diferencia o UASB é a formação de um "manto de lodo" granular, composto por uma comunidade microbiana densa e altamente ativa. Este lodo granular possui excelente capacidade de sedimentação, o que permite a retenção da biomassa ativa dentro do reator e, conseqüentemente, uma maior eficiência na remoção de poluentes (Tonetti et al 2018).

O processo de digestão anaeróbica, que ocorre no interior do reator, resulta na conversão da matéria orgânica em biogás (composto principalmente por metano e dióxido de carbono) e em um efluente tratado com significativamente menor carga poluidora. A ausência de requisitos energéticos externos, como aeração ou bombeamento contínuo, confere ao sistema uma notável autonomia e um perfil de baixo custo operacional, elementos cruciais para a sua viabilidade em diversas escalas de aplicação. Além disso, a não utilização de produtos químicos para o tratamento do esgoto minimiza a geração de resíduos secundários e elimina a preocupação com a introdução de substâncias potencialmente tóxicas no meio ambiente, reforçando o caráter ecologicamente sustentável da fossa ecológica (Dogemma et al 2016).

Os reatores, projetados para serem subterrâneos e fabricados a partir de fibra de vidro de alta resistência, garantem durabilidade e discrição, integrando-se harmoniosamente à paisagem. A filtração e a decomposição do esgoto são realizadas por meio de bactérias anaeróbicas, que são introduzidas no sistema de forma periódica, garantindo a manutenção da eficiência do processo (ECOFOSSA, 2025). A adição programada de microrganismos assegura que a população bacteriana responsável pela degradação da matéria orgânica esteja sempre em níveis ótimos para o desempenho do sistema.

A fossa ecológica é um sistema altamente eficiente no tratamento de esgoto doméstico, sem necessidades adicionais de apoios estruturais ou investimentos em infraestrutura, o que aumenta a viabilidade econômica do sistema.

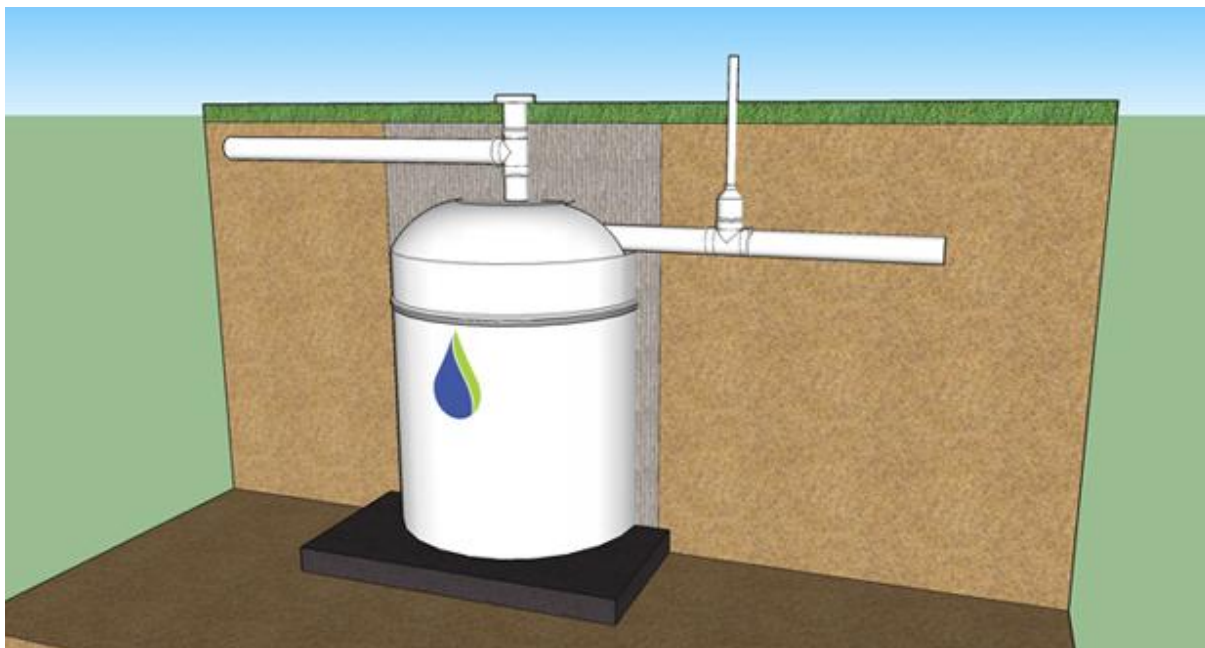
Essa acessibilidade contribui para a democratização do acesso a sistemas de tratamento de esgoto eficientes e sustentáveis, promovendo a saúde pública e a proteção ambiental em larga escala. A simplicidade de operação e a baixa necessidade de manutenção periódica também contribuem para a redução dos custos operacionais a longo prazo, tornando a fossa ecológica uma opção economicamente vantajosa e de alto retorno sobre o investimento (Madroño 2022).

Um dos diferenciais mais impactantes do tratamento de esgoto com a utilização da fossa ecológica reside na qualidade do efluente tratado e na sua consequente possibilidade de reutilização. O processo anaeróbico avançado empregado no UASB produz um efluente com características físico-químicas que o tornam apto para diversas finalidades não potáveis. A reutilização da água tratada representa um pilar fundamental da gestão hídrica sustentável, gerando uma conservação expressiva do recurso hídrico. Este efluente pode ser direcionado para fins como a irrigação de plantas não comestíveis, contribuindo para a manutenção de jardins e áreas verdes sem a necessidade de utilizar água potável, ou para lavagens de áreas externas, como pátios e calçadas (Moreira; Paiva 2022).

Essa prática não só alivia a pressão sobre os recursos hídricos convencionais, mas também agrega valor econômico ao processo de tratamento, transformando um resíduo em um recurso valioso. A qualidade do tratamento de efluente se alinha diretamente com as diretrizes e regulamentações ambientais vigentes, evidenciando a conformidade do sistema com os padrões de descarte e reutilização. A Resolução do CONAMA nº 430 de 2011, por exemplo, estabelece os parâmetros e as condições para o lançamento de efluentes tratados em corpos receptores, e o efluente da fossa ecológica frequentemente atende ou supera esses requisitos.

Mais recentemente, a chegada da norma NBR 17.076 de 2024 reforça a importância da manutenção de recursos hídricos por meio do reaproveitamento de efluentes tratados, estabelecendo diretrizes claras para essa prática. A fossa ecológica, com sua capacidade de produzir um efluente de alta qualidade para reutilização, posiciona-se como uma solução que não apenas cumpre as normativas ambientais, mas antecipa e incorpora os princípios da legislação mais recente, demonstrando um compromisso com a sustentabilidade e a inovação no saneamento. A adoção generalizada de sistemas como a fossa ecológica representa um passo crucial na transição para uma economia mais circular e para a construção de um futuro hídrico mais seguro e sustentável.

Figura 3 – Filtro anaeróbico.



Fonte: Ecofossa (2025)

A busca por soluções eficazes e adaptáveis para o tratamento de efluentes, especialmente em contextos de limitação espacial ou de infraestrutura, tem impulsionado o desenvolvimento de tecnologias inovadoras. Nesse cenário, o sistema em análise emerge como um exemplo notável de flexibilidade e eficiência, destacando-se pela sua notável simplicidade de instalação e pela capacidade de se adequar a diversas configurações ambientais e urbanísticas (De Sousa Xavier 2022).

Um dos pontos mais relevantes deste sistema é a oferta de reatores com opções de configuração vertical. Essa abordagem arquitetônica é particularmente vantajosa para empreendimentos que enfrentam a restrição de área horizontal, uma realidade comum em adensamentos urbanos ou em propriedades com reduzida disponibilidade de terreno (Vieira 2022).

Ao otimizar o espaço vertical, o sistema permite uma implantação eficaz mesmo em locais com dimensões compactas, trocando uma maior profundidade por uma menor pegada em superfície. Essa característica torna-o uma escolha ideal para lotes pequenos, edifícios multifamiliares ou até mesmo para instalações temporárias onde o aproveitamento máximo do espaço é crucial (Valera 2024).

Em contrapartida, para situações que demandam uma abordagem diferente, o sistema também oferece uma opção horizontal. Esta configuração, que prioriza a profundidade em detrimento de uma maior área horizontal, é frequentemente a mais indicada para regiões que

apresentam um lençol freático elevado. A escolha entre as configurações vertical e horizontal é, portanto, uma decisão estratégica que deve considerar as especificidades topográficas, geológicas e hidrológicas do local de implantação, garantindo a máxima eficiência e conformidade ambiental. A adaptabilidade do sistema a essas variáveis demonstra um design inteligente e responsivo às diversas necessidades do campo (Nascimento 2024).

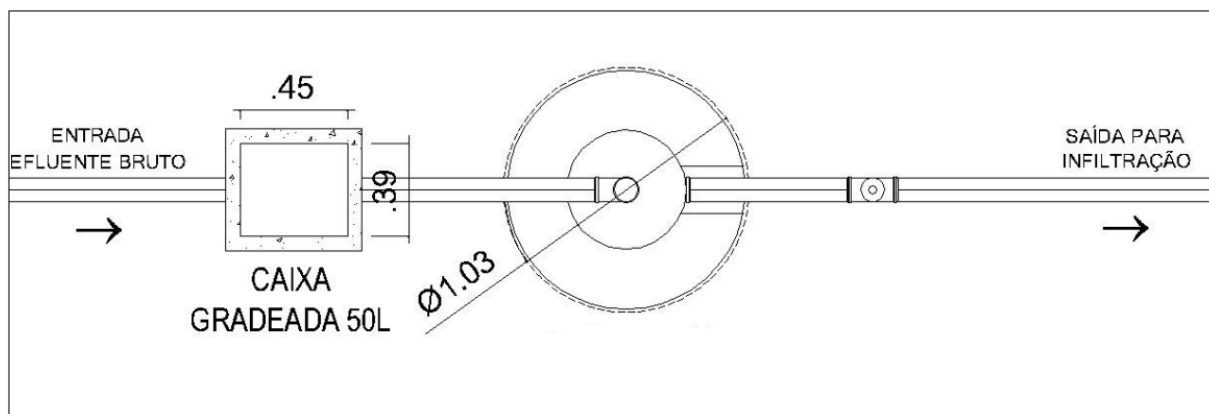
A Ecofossa é esquematizada de forma notavelmente simples, o que contribui para sua facilidade de uso e manutenção. O processo se inicia com uma caixa gradeada, cuja função principal é realizar uma separação mecânica das partes mais grosseiras do esgoto. Embora a instalação dessa caixa seja opcional, sua inclusão é de suma importância para o melhor aproveitamento do sistema. A pré-filtragem proporcionada pela caixa gradeada impede o acúmulo de sólidos maiores no reator principal, prevenindo entupimentos e garantindo o funcionamento otimizado e a longevidade de todo o sistema. É uma etapa preventiva que, embora simples, maximiza a eficácia do tratamento subsequente (Ribeiro 2024).

Após passar pela caixa gradeada, ou diretamente, caso a caixa não seja utilizada, o esgoto segue seu fluxo até o reator. É neste compartimento que ocorre o tratamento biológico dos efluentes, um processo que transforma os poluentes orgânicos em substâncias menos nocivas ao meio ambiente. A tecnologia empregada no reator visa maximizar a eficiência da degradação dos contaminantes, resultando em um efluente tratado que atende aos padrões de descarte (Gouvêa 2024).

Uma vez tratado, o efluente é direcionado para a infiltração no solo, um método ecologicamente correto que devolve a água ao ciclo hidrológico. Esta infiltração pode ocorrer por meio de sumidouros ou valas de infiltração, cuja escolha varia de acordo com as características do solo, a permeabilidade do terreno e as regulamentações locais de descarte. A seleção cuidadosa do método de infiltração é crucial para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas, garantindo a sustentabilidade ambiental do processo (Feinstein 2024).

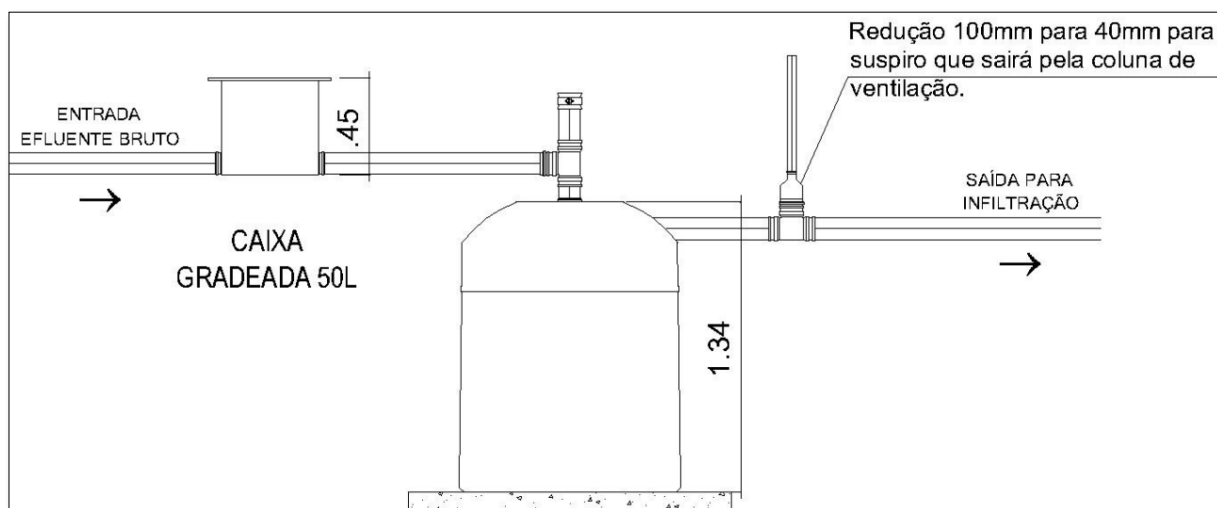
Assim, se considera que a Ecofossa representa um avanço significativo no campo do saneamento básico, oferecendo soluções flexíveis, eficientes e de fácil implementação. Sua capacidade de adaptação a diversas condições de espaço e infraestrutura, aliada à sua eficácia no tratamento de efluentes, a posiciona como uma ferramenta essencial para a promoção da saúde ambiental e do bem-estar social, especialmente em regiões onde as soluções convencionais são inviáveis ou inacessíveis (Lisboa et al 2013).

Figura 4 – Caixa gradeada + Filtro anaeróbico, vista superior.



Fonte: Ecofossa (2024)

Figura 5 – Caixa gradeada + Filtro anaeróbico, vista lateral.



Fonte: Ecofossa (2024)

A implementação de soluções de saneamento básico alinhadas com as normativas e princípios de sustentabilidade representa um pilar fundamental para o desenvolvimento social e ambiental. Neste contexto, as fossas ecológicas, ou ecofossas, emergem como uma alternativa promissora, em estrita conformidade com os padrões estabelecidos pela NBR 17.076 (Donagemma et al 2016).

A operação das ecofossas encontram-se diretamente ligadas às diretrizes do PROSAB (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico) e da FUNASA (Fundação Nacional de Saúde). O PROSAB, com seu foco em pesquisa e desenvolvimento, tem contribuído significativamente para o aprimoramento de tecnologias de saneamento, enquanto a FUNASA desempenha um papel crucial na promoção da saúde pública e na implementação de infraestruturas de

saneamento. A integração das ecofossas com as orientações dessas instituições ressalta seu caráter de solução tecnicamente embasada e socialmente relevante.

O dimensionamento de uma ecofossa, um processo crítico para sua eficiência, segue rigorosamente os parâmetros estipulados pela NBR 17.076. Este processo envolve o cálculo preciso do volume útil do sistema, medido em litros, utilizando os mesmos princípios aplicados ao dimensionamento de tanques sépticos convencionais. As tabelas fornecidas pela referida norma são ferramentas indispensáveis neste cálculo, permitindo que os projetistas determinem a capacidade ideal do reator em função da demanda (Moreira; Paiva 2022).

Após a obtenção desses resultados, a escolha do reator mais adequado é feita considerando-se não apenas o volume de esgoto a ser tratado, mas também as restrições de espaço disponíveis para a instalação. Essa flexibilidade de adaptação a diferentes contextos espaciais é um dos grandes diferenciais das ecofossas, tornando-as viáveis para uma ampla gama de aplicações (Vieira 2022).

A versatilidade das ecofossas permite que atendam tanto a pequenas residências quanto a médias construções, com a capacidade de processar efluentes de até mais de 64 contribuintes. Essa escalabilidade demonstra a capacidade do sistema em se adaptar a diversas demandas, desde a esfera doméstica até empreendimentos de maior porte, sempre mantendo a eficiência no tratamento do esgoto (De Souza 2022).

Nota-se que a Ecofossa é uma opção que trata o esgoto doméstico de forma eficiente e segura, tendo ideais aliadas diretamente com o desenvolvimento sustentável, e dentro das exigências e normativas atuais. Sendo um sistema com uma instalação simples acaba tendo um baixo custo de implantação, facilitando o acesso até mesmo para regiões mais carentes o que dá suporte a uma melhor qualidade de vida que está diretamente ligado a um bom acesso ao saneamento básico.

2.1.3.1 Procedimentos de instalação

Por ser um produto já fabricado para o tratamento de esgoto, a sua estanqueidade já é garantida pelo fabricante, sendo assim a Ecofossa segue apenas um passo a passo simples para a sua instalação.

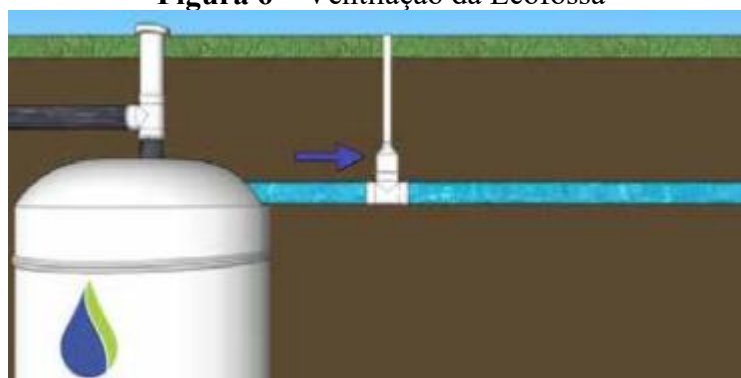
Inicialmente deve ser escolhido o local da instalação, após análise do terreno, juntamente com o projeto arquitetônico, é indicado que a instalação não ocorra em local de circulação de veículos. Contrapondo o tanque séptico o produto pode ser instalado em locais

com o lençol freático alto, já que o material de fabricação do tanque não permite contato entre o ambiente externo o material não tratado na parte interna.

Logo após a escolha do local se inicia os processos de escavação. A escavação pode ser feita de forma manual ou mecanizada, variando de acordo com o tamanho do tanque e com o investimento inicial do empreendimento. Ela deve ser realizada em dimensões adequadas ao modelo do reator, garantindo uma base firme e nivelada de acordo com o projeto. Para solos instáveis é necessário o uso de uma base de concreto tipo contrapiso para apoiar o reator, para solos com maior estabilidade é necessário apenas uma compactação do solo tipo solo-cimento (ECOFOSSA 2025).

Com a Ecofossa assentada e nivelada na base, pode ocorrer a etapa de reaterro. Para que o reaterro ocorra de forma correta, é necessário que o reator seja preenchido com a água pela tubulação da entrada do sistema até que a mesma transborde pela tubulação de saída, o peso da água vai garantir a estabilidade necessária para que o movimento de terra não cause um desaprumo ou desnivelamentos indesejados na instalação. Com o sistema cheio de água cubra as laterais com terra ou areia, sem a utilização de pedras para evitar danos ao equipamento, com as laterais cobertas finalize a etapa de reaterro. Para que o equipamento funcione com o máximo de eficácia, é necessário um tubo alongado de 100mm, para eventuais limpezas, como o sistema funciona de forma anaeróbica é obrigatório que essa tubulação esteja lacrada, sendo aberta apenas para manutenção (ECOFOSSA 2025).

Com o sistema devidamente instalado, deve ser ter atenção para alguns pontos. Para a dispersão dos gases gerados no reator com a digestão biológica ocorra com melhor eficácia é necessário que seja instalado uma saída de ventilação entre o tanque de tratamento e o método de disposição final de efluentes, com um diâmetro indicado de 40mm. Essa tubulação deve ser elevada a pelo menos 2,5 metros para que não problemas com os odores gerados por esses gases. Também é indicado a instalação de uma caixa de passagem após o duto de saída, para eventuais inspeções e análise de efluente tratado. (ECOFOSSA 2025).

Figura 6 – Ventilação da Ecofossa

Fonte: Ecofossa (2024)

2.1.3.2 Vantagens e Desvantagens

O tratamento de esgoto é uma preocupação fundamental para a saúde pública e a sustentabilidade ambiental. Dentre as diversas abordagens disponíveis, o sistema Ecofossa surge como uma alternativa inovadora, prometendo eficiência e praticidade. No entanto, sua implementação requer uma análise aprofundada das vantagens e desvantagens inerentes, a fim de garantir a adequação da solução às especificidades de cada contexto (Dogemma et al 2016).

As principais vantagens de acordo com o Fabricante Ecofossa (2025) são:

- Facilidade de instalação - A instalação é simples e rápida quando comparada a um sistema tradicional de tratamento de esgoto. Além de apresentar um manual de instalação e croquis que funcionam como guia.
- Viabilidade econômica – A instalação simples, proporciona menos tempo de mão de obra, gerando uma maior economia.
- Reaproveitamento do Efluente – O efluente tratado pode ser utilizado para regar jardins, lavar áreas externas como garagens e calçadas, gerando manutenção dos recursos hídricos.
- Baixa manutenção: Após a instalação a Ecofossa demanda pouca intervenção, gerando uma economia ao longo do tempo. Ao contrário dos tanques sépticos que exigem esvaziamento e limpeza periodicamente.
- Vida Útil prolongada – A vida útil da Ecofossa pode passar dos 40 anos, tornando-a em uma solução duradoura e econômica.
- Sem necessidades de produtos químicos – A dispensa de produtos químicos para o tratamento.

Apesar das inúmeras vantagens, o sistema Ecofossa também apresenta desvantagens que devem ser cuidadosamente ponderadas antes de sua implementação.

As principais desvantagens são:

- Alto custo inicial – Exige um investimento inicial para a obtenção do reator, variando de acordo com o volume necessário.
- Análise prévia do solo – Necessita de uma análise detalhada das características do solo local, para garantir que seja adequado ao sistema, gerando recursos adicionais de estudo de solo.
- Condições do solo – Em casos com solo com alta taxa de infiltração, haverá necessidade de um dimensionando específico, para que o sistema não contamine o lençol freático.
- Não indicado para Águas industriais e químicas – O sistema de Ecofossa é exclusivamente para tratamento de esgoto doméstico.

Para que o sistema funcione da melhor forma possível e atinja seu pleno potencial, é imperativo que os estudos detalhados das condições locais sejam realizados de forma exaustiva antes da adoção de um sistema de Ecofossa. Somente assim será possível garantir que a solução escolhida seja não apenas eficiente e econômica, mas também ambientalmente responsável e adequada às necessidades específicas de cada projeto (Ribeiro 2024).

2.2 Características do solo arenoso

2.2.1 Composição e características do solo Arenoso

A classificação e identificação dos solos são aspectos importantes na definição do sistema de tratamento de esgoto. Com uma melhor compreensão de suas propriedades e características químicas e biológicas, pode se verificar se atividades como por exemplo disposição e tratamento de efluentes são possíveis de serem aplicadas. O Sistema Brasileiro de classificação dos solos (SiBCS), é amplamente utilizado no Brasil para categorização dos solos, apresentando parâmetros como suas características morfológicas, textura e estruturas.

Aproximadamente 8% da área total do território brasileiro é composta por solos de características leves. Notavelmente, a região da Matopiba, que engloba os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, apresenta cerca de 20% do seu território ocupado por esse tipo específico de solo. Esses solos são predominantemente caracterizados por sua textura arenosa, enquadrando-se nas classes de areia, areia franca ou francoarenosas. A composição desses solos inclui principalmente Neossolos Quartzarênicos, embora também possam abranger Latossolos

e Argissolos (DONAGEMMA et al., 2016). A presença desses solos leves em proporções significativas em certas regiões do país ressalta a importância de abordagens de tratamento de esgoto adaptadas às suas propriedades (Tonetti et al 2018).

Os solos arenosos são reconhecidos e caracterizados por sua composição granular, apresentando partículas mais espaçadas e de maior tamanho, o que resulta em um maior número de poros. Essa estrutura facilita notavelmente a entrada e a movimentação de água e ar em seu interior. Essa disposição granular confere ao solo uma alta taxa de permeabilidade, garantindo uma excelente drenagem (DONAGEMMA et al., 2016). A alta permeabilidade dos solos arenosos, embora benéfica para a drenagem, pode apresentar desafios específicos no que tange ao tratamento de efluentes, exigindo considerações cuidadosas na seleção e implementação de tecnologias de tratamento. A compreensão aprofundada dessas características é vital para otimizar as estratégias de saneamento e garantir a proteção dos recursos hídricos.

A gestão de efluentes em solos arenosos apresenta desafios intrínsecos e significativos, demandando abordagens especializadas para mitigar os impactos negativos na qualidade ambiental. A característica primordial desses solos, a permeabilidade, exerce uma influência preponderante sobre a eficácia dos processos de tratamento de efluentes, comprometendo a retenção adequada e o contato prolongado com os meios filtrantes (Nascimento 2024).

A elevada taxa de infiltração, embora aparente como uma vantagem sob a perspectiva do controle de qualidade do solo, revela-se um obstáculo substancial para o tratamento eficiente dos efluentes. Essa rapidez na percolação impede um tempo de retenção suficiente para que os contaminantes presentes nos efluentes sejam devidamente removidos ou transformados.

Em solos com texturas mais finas, como os argilosos, a capacidade de troca catiônica e a menor permeabilidade proporcionam um ambiente mais favorável para a adsorção de poluentes e a ocorrência de processos biológicos que contribuem para a degradação dos efluentes. No entanto, em solos arenosos, a macroporosidade e a baixa capacidade de adsorção limitam a eficiência desses mecanismos, resultando em uma maior probabilidade de contaminação do lençol freático e de corpos d'água adjacentes (De Souza 2022).

Adicionalmente, a heterogeneidade da granulometria em solos arenosos pode criar caminhos preferenciais para o fluxo do efluente, exacerbando a dificuldade em garantir um tratamento uniforme e eficaz. Essa condição favorece a lixiviação de nutrientes, como nitrogênio e fósforo, bem como de outros poluentes, para camadas mais profundas do solo, comprometendo a qualidade da água subterrânea e contribuindo para a eutrofização de ecossistemas aquáticos (Feinstein 2024).

Diante desse cenário, a engenharia de tratamento de efluentes em solos arenosos deve incorporar soluções tecnológicas que compensem as limitações intrínsecas desses ambientes. Métodos que visam aumentar o tempo de retenção, como a construção de lagoas de estabilização com revestimento impermeabilizante ou a utilização de sistemas de tratamento que promovam a formação de biofilmes, podem ser estratégias eficazes. A implementação de barreiras reativas permeáveis, por exemplo, que utilizam materiais com alta capacidade de adsorção ou que favoreçam a biodegradação dos contaminantes, representa outra via promissora para o aprimoramento do tratamento de efluentes em solos arenosos (Granziera 2022).

Desse modo, a gestão de efluentes em solos arenosos demanda uma compreensão aprofundada de suas características hidrológicas e geotécnicas. A alta permeabilidade e a reduzida capacidade de retenção de poluentes nesses solos impõem a necessidade de soluções de engenharia inovadoras e adaptadas, que visem não apenas a conformidade com as normas ambientais, mas também a proteção sustentável dos recursos hídricos. A pesquisa contínua e o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes são imperativos para enfrentar os desafios impostos por esses ambientes, garantindo a salubridade dos ecossistemas e a saúde pública (De Sousa Xavier 2022).

2.3 Normas e regulamentos

2.3.1 Normas e regulamentos sobre fossas ecológicas

A fundamentação legal ancorada em princípios constitucionais que estabelecem a proteção ambiental como uma responsabilidade compartilhada e um direito fundamental. Segundo a lei nº 3.879 (2021), são de responsabilidades comuns da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios a proteção do meio ambiente e o combate à poluição, conforme disposto no artigo 23 da constituição federal. Adicionalmente, o artigo 225 da Constituição Federal reforça a importância de um meio ambiente ecologicamente equilibrado como um direito de todos, essencial para uma sadia qualidade de vida. Este artigo impõe ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. A instituição de políticas de incentivo às fossas sépticas biodigestoras reflete diretamente essa obrigação constitucional, demonstrando o compromisso do Estado em garantir um ambiente saudável e sustentável. A falta de ação nesse campo não apenas comprometeria a saúde da população atual, mas também comprometeria o legado ambiental para as futuras gerações.

No âmbito de normas técnicas, a Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), inicialmente oferecia as normas NBR 13.969 de 1997 e a NBR 7.229 de 1993, que definiam os critérios para o projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos, abrangendo o tratamento e a disposição de efluentes e lodo sedimentado, também ofereciam alternativas técnicas de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Após revisão que ocorreu no ano de 2024, houve uma unificação e atualização dos parâmetros das normas antigas para um melhor entendimento dos tempos atuais, surgindo assim a NBR 17.076 de 2024, que engloba os diretrizes vigentes a Tanque sépticos e Fossa biodigestoras.

A nova norma proporciona um entendimento mais claro e integrado dos requisitos para o projeto, construção, operação e manutenção desses sistemas, garantindo assim que as soluções implementadas sejam eficazes, seguras e em conformidade com as exigências ambientais e de saúde pública atuais. A evolução das normas da ABNT nesta área demonstra uma constante busca pela excelência e pela adaptação às necessidades de uma sociedade em constante transformação, consolidando a importância de um arcabouço normativo robusto para a promoção do saneamento e da qualidade ambiental.

2.3.2 Legislação ambiental brasileira

A constituição Federal Brasileira de 1988, com a artigo 225, determina que todos que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao poder público e à coletividade a obrigação de protegê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A Lei nº 11.445, promulgada em 2007, emerge como um marco regulatório essencial para a universalização do saneamento básico no Brasil. Esta legislação estabelece um conjunto de princípios e diretrizes norteadores que visam assegurar o acesso equitativo e sustentável aos serviços de saneamento. A lei prioriza soluções que não apenas atendam às necessidades básicas da população, mas que também sejam economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis.

Isso significa que, ao planejar e executar projetos de saneamento, deve-se considerar não apenas o custo financeiro imediato, mas também os benefícios e custos ambientais a longo prazo, buscando minimizar o impacto ecológico e promover a eficiência no uso dos recursos naturais. A abordagem sugerida pela Lei nº 11.445/2007 reflete uma compreensão de que o saneamento básico é um componente indispensável da saúde pública e da qualidade ambiental, contribuindo diretamente para a redução de doenças, a proteção dos recursos hídricos e a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas e rurais.

Paralelamente, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), órgão colegiado de caráter consultivo e deliberativo, desempenha um papel crucial na regulamentação ambiental brasileira. A Resolução CONAMA nº 430, editada em 2011, representa um avanço significativo no estabelecimento de condições, parâmetros e diretrizes para a gestão e o lançamento de efluentes no meio ambiente. Essa resolução funciona como um complemento e um aprofundamento da Resolução CONAMA nº 357, de 2005.

Esta última, por sua vez, é fundamental ao classificar os corpos d'água brasileiros de acordo com seus usos preponderantes e ao determinar as condições e padrões de lançamento de efluentes, além de fornecer normas para a gestão da qualidade da água em todo o território nacional. A interrelação entre essas resoluções do CONAMA é estratégica: enquanto a Resolução 357/2005 estabelece as bases para a proteção dos corpos hídricos, a Resolução 430/2011 detalha e aprimora os critérios para o controle da poluição hídrica, garantindo que o descarte de resíduos líquidos seja realizado de forma a minimizar os danos aos ecossistemas aquáticos e à saúde humana (Ribeiro 2024).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Descrição do estudo

O estudo se caracteriza como uma pesquisa qualitativa, estruturada em duas abordagens principais, pesquisa bibliográfica e pesquisa em campo. A pesquisa bibliográfica permite um embasamento melhor do estudo, gerando entendimento sobre conceitos, características e aplicabilidade tanto do tanque séptico quanto da fossa ecológica. Já a pesquisa em campo possibilitará a obtenção de dados sobre a viabilidade, funcionamento e eficácia de instalação de um sistema de fossa ecológica da marca ECOFOSSA, instalada em região com solo arenoso como característica predominante.

A revisão bibliográfica será realizada com o objetivo gerar embasamento científico através de estudos acadêmicos, artigos científicos, livros que tratem acerca do saneamento básico e as dificuldades enfrentadas atualmente, juntamente com as características e a funcionalidade de tanques sépticos e fossas ecológicas.

Os materiais de estudos serão obtidos em bases de dados científicos, contendo livros, artigos e estudos acadêmicos acerca dos assuntos tratados. Também foram consultadas normativas reguladoras, diretrizes de órgãos ambientais e sanitários e banco de dados fornecidos pelo governo do país.

A pesquisa se constitui na observação direta de um sistema de fossa ecológica, da marca “Ecofossa”, instalada em um quiosque turístico em um local isolado na região do Jalapão Mateiros – TO, região essa caracterizada por ter um solo com características arenosas. Será realizado uma visita técnica ao local, onde será registrado a condição do sistema e do entorno do ambiente, com avaliação visual do funcionamento do sistema da Ecofossa, considerando eventuais sinais de vazamento, odores ou infiltração inadequada.

Com uma análise comparativa será feito um levantamento dos custos envolvidos na instalação e manutenção da Ecofossa em comparação a um tanque séptico tradicional, com dados da literatura para avaliar a adequação da Ecofossa ao solo arenoso, a fim de gerar discussão sobre a viabilidade econômica e ambiental da solução.

Com essa metodologia o estudo busca fornecer saídas inovadoras para futuras implementações de sistemas de tratamentos de esgoto em regiões isoladas e com características específicas, buscando contornar as dificuldades enfrentadas por sistemas convencionais de tratamento, a fim de desenvolver soluções sustentáveis e acessíveis para o saneamento básico, promovendo melhoria na qualidade de vida da população.

3.2 Objeto de Pesquisa

O objeto em estudo é o Quiosque das Dunas, localizado na região do Jalapão, em Mateiro, estado do Tocantins. O Quiosque passou por um processo de reforma, onde foi proposto pra os sanitários um sistema de tratamento de esgoto com Biodigestor especificadamente projetado para região arenosa, com um sistema adaptado de infiltração de efluente para o local do empreendimento, a marca escolhida para ele foi a Ecofossa.

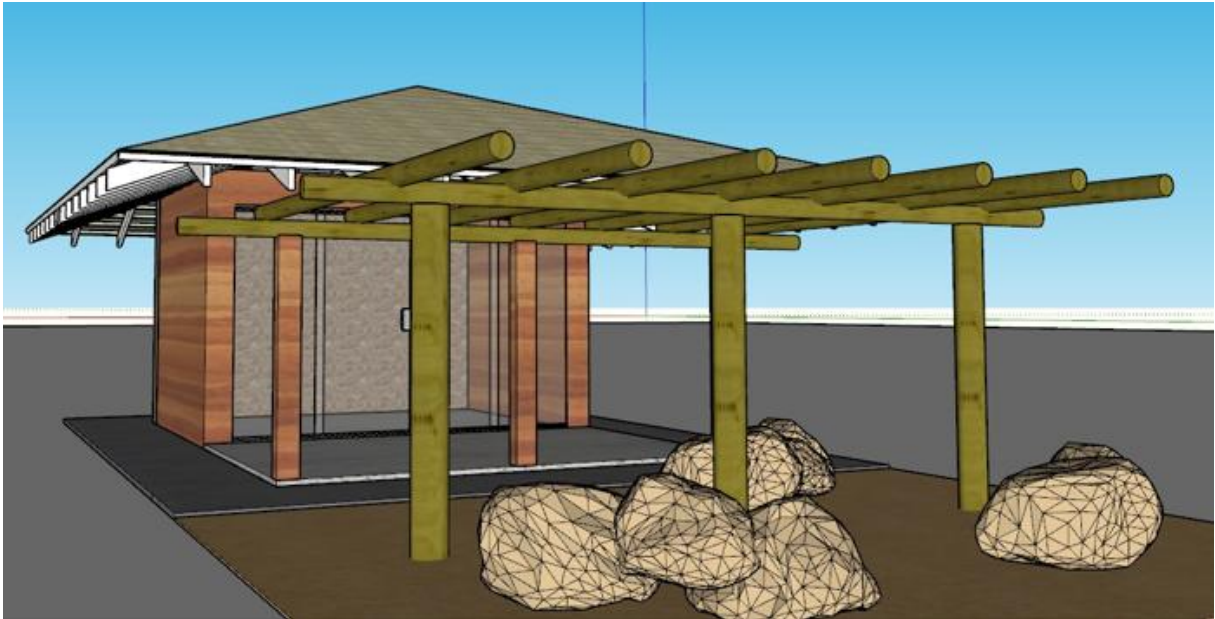
Figura 7 – Implantação da Edificação em estudo.



Fonte: Google Earth Pro (2025)

O quiosque das dunas é composto por um pavimento térreo, com uma área construída de 65,50 m², é acompanhado de uma loja temática, que fornece comércio aos turistas que visitam o local, e com banheiros para uso geral de visitantes e funcionários.

Figura 8 – Loja, apresentação em projeto.



Fonte: Silenio Martins Camargo (2024)

Figura 9 – Banheiros, apresentação em projeto.



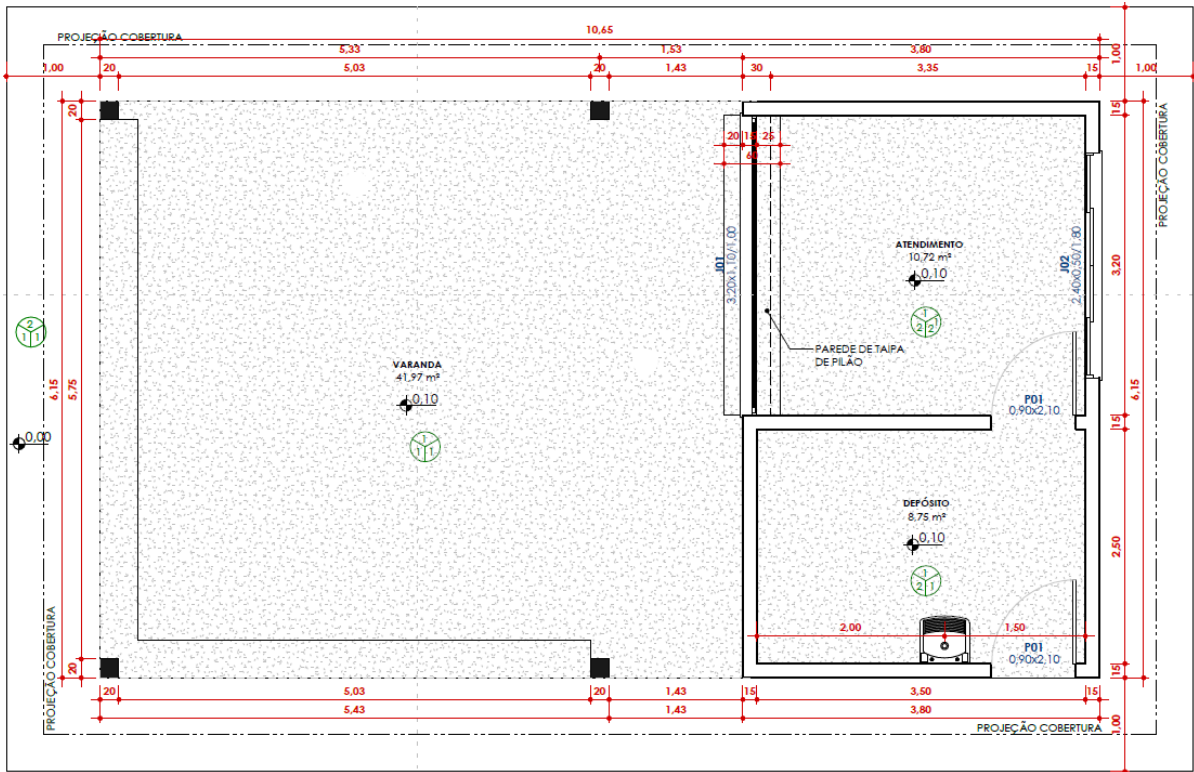
Fonte: Silenio Martins Camargo (2024)

Figura 10 – Quiosque das dunas, apresentação em projeto.



Fonte: Silenio Martins Camargo (2024)

Figura 11 – Quiosque das dunas, planta baixa.

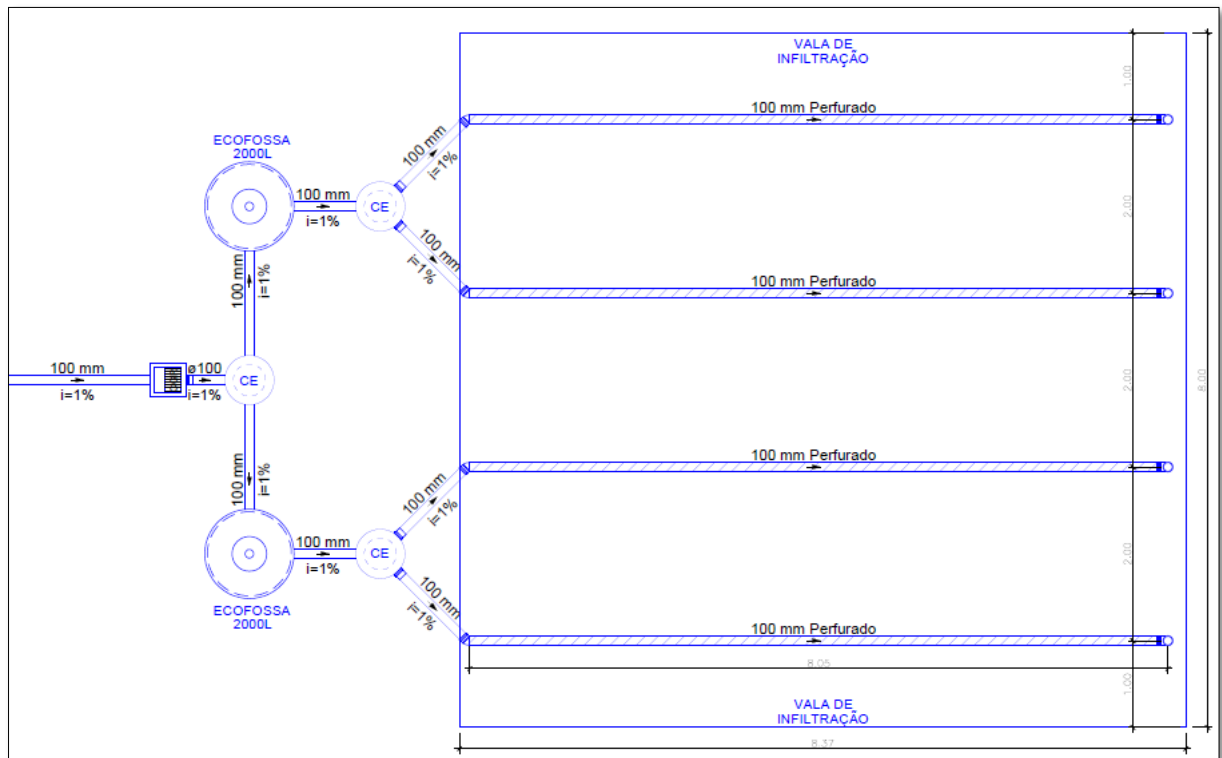


Fonte: Silenio Martins Camargo (2024)

O Quiosque das Dunas conta com duas Ecofossas de dois mil litros instaladas, dividindo o volume útil de Esgoto, acompanhadas por uma caixa gradeada. Após o tratamento o efluente é devolvido ao meio ambiente por meio de vala de infiltração com uma área separada de 8

metros x 8,37 metros e com os tubos posicionados a uma profundidade de meio metro. O sistema pode ser observado na Figura 10.

Figura 12 – Sistema de Ecofossa com vala de infiltração.



Fonte: Silenio Martins Camargo (2024)

O solo região de Mateiros, no Jalapão – TO é predominantemente arenoso, é marcado por baixa coesão entre partículas, alta permeabilidade e baixa capacidade de retenção de água. Essas características físicas impõem desafios técnicos significativos à instalação de sistemas convencionais de tratamento de esgoto, demandando soluções específicas que considerem tanto a estabilidade estrutural das escavações quanto a adequada disposição dos efluentes.

Figura 13 – Solo arenoso região do Jalapão Mateiros - TO.



Fonte: Silenio Martins Camargo (2024)

3.2.1 Dimensionamento do Biodigestor

O dimensionamento do biodigestor da marca Ecofossa para o quiosque em Mateiros-TO, foi feito utilizando as fórmulas e as tabelas fornecidas pela NBR 17.076 de 2024. Após a determinação do volume útil do tanque de esgoto, se escolheu o produto com um volume que mais se adequasse ao sistema.

Para análise de contribuição diária se considerou como banheiro público os sanitários do empreendimento, pois é uma área de uso comum que ficará localizada no quiosque. Os banheiros públicos se caracterizam por ter uma contribuição diária medida pela quantidade de bacias sanitárias existentes no local.

Por necessidades normativas para o dimensionamento, foi considerado um intervalo de limpeza de um ano, onde o sistema deve passar por uma manutenção de limpeza a cada ano após sua instalação. Os biodigestores não necessitam de manutenção referente a retirada de lodo, pois a matéria orgânica é digerida no processo anaeróbico de tratamento, o tempo de detenção de um ano foi escolhido apenas para fins de dimensionamento.

- Do projeto temos: Quantidade de bacias sanitárias: $N = 9$
- Da tabela 1 da NBR 17.076 temos: Contribuição unitária de despejo: $C = 480$ litros/dia

- Da tabela 1 da NBR 17.076 temos: Contribuição unitária de lodo fresco: $L_f = 4$ litros/dia

- Contribuição de despejos: $N \cdot C = 4.320$ litros/dia

- Contribuição de lodo fresco: $N \cdot L_f = 36$ litros/dia

- Temperatura média do mês mais frio para a região de Mateiros-TO: 21°C

Segundo a NBR 17.076, para cálculo do volume útil do tanque Séptico se utiliza a fórmula:

$V = 1000 + N \cdot C \cdot T + N \cdot L_f \cdot K$, onde cada variante significa:

- V = volume útil (litros)

- N = número de unidades contribuintes (bacias sanitárias)

- C = contribuição de despejos (litros/dia)

- T = tempo de detenção hidráulica (dias)

- L_f = contribuição de lodo fresco (litros/dia)

- K = taxa de acúmulo de lodo digerido (dias)

- Da tabela 2 da NBR 17.076 temos: $T = 0,83$ dias, para contribuição diária de 4.320 L/dia

- Da tabela 3 da NBR 17.076 temos: $K = 57$ dias, para temperatura de 21°C e intervalo de limpeza de 1 ano

Substituindo os valores na fórmula obtemos, portanto, um volume útil de $6,638 \text{ m}^3$.

Para diminuir o valor inicial para adquirir o biodigestor, o responsável pelo empreendimento decidiu adotar dois biodigestores da marca Ecofossa com um volume de 2000 litros cada, totalizando assim um volume útil de 4000 litros. Para que tal escolha não compromettesse o resultado do tratamento de esgoto, foi decidido que a manutenção do sistema, que consiste na adição de um Biorremediador, aconteceria de forma periódica de mês em mês, a fim de potencializar a digestão de matéria orgânica e não gerar acúmulos excessivos de lodo.

3.2.2 Dimensionamento da Vala de infiltração

Para o dimensionamento da vala de infiltração, primeiro será necessário determinar o volume útil de infiltração do sistema, para isso foram utilizadas as fórmulas e as tabelas fornecidas pela NBR 17.076 de 2024. Para cálculo do volume útil do Sumidouro se utiliza a fórmula:

$A = N \cdot C / K$ onde cada variante significa:

- A = área útil (fundo + laterais), em m^2
- N = número de unidades contribuintes
- C = contribuição de despejos (litros/dia)
- K = taxa máxima de aplicação diária ($m^3/m^2 \cdot dia$)

Para determinação da Taxa máxima de aplicação diária o “K”, usaremos os valores propostos por Jordão & pessoa em 2005.

Tabela 4 – coeficiente de percolação por constituição do solo.

Faixa	Constituição provável dos solos	Coeficiente de Infiltração ($l/m^2/dia$)
1	Rochas, argilas compactas de cor branca, cinza ou preta, variando a rochas alteradas e argilas medianamente compactas de cor avermelhada.	Menor que 20
2	Argilas de cor amarela, vermelha ou marrom medianamente compactas, variando a argilas pouco siltosas e/ou arenosas.	20 a 40
3	Argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom.	40 a 60
4	Areia ou silte argiloso, ou solo arenoso com húmus e turfas, variando a solos constituídos predominantemente de areia e siltes.	60 a 90
5	Areia bem selecionada e limpa, variando até areia grossa com cascalhos.	Maior que 90

Fonte: Jordão & pessoa (2005)

Considerando a faixa 4, para solos constituídos de areia ou solo arenosos com húmus e turfas, temos um coeficiente de infiltração que varia de 60 a 90 $l/m^2/dia$. Fazendo a conversão pela tabela do anexo N, da NBR 17076, temos:

Tabela 5 – conversão de valores de taxa de percolação em taxa de aplicação superficial.

Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação diária ($m^3/m^2 \cdot dia$)	Taxa de percolação (min/m)	Taxa máxima de aplicação diária ($m^3/m^2 \cdot dia$)
40 ou menos	0,20	400	0,065
80	0,14	600	0,053
120	0,12	1200	0,037
160	0,10	1400	0,032
200	0,09	2400	0,024

Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (2024)

- Da tabela 5, temos: $K = 0,14 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$, para solos com características arenosas e siltosas.

- $C = 4.320 \text{ litros/dia} = 4,32 \text{ m}^3/\text{dia}$

Substituindo os valores na fórmula obtemos, portanto, a área útil de infiltração do sistema de $30,86 \text{ m}^2$.

Para determinar o comprimento da vala de infiltração, utilizaremos o volume útil de infiltração calculado e o coeficiente de infiltração do solo.

- $C = V \cdot C1$

- $V = 30,86 \text{ m}^2$

- $C1 = 0,90 \text{ L/m}^2/\text{dia}$

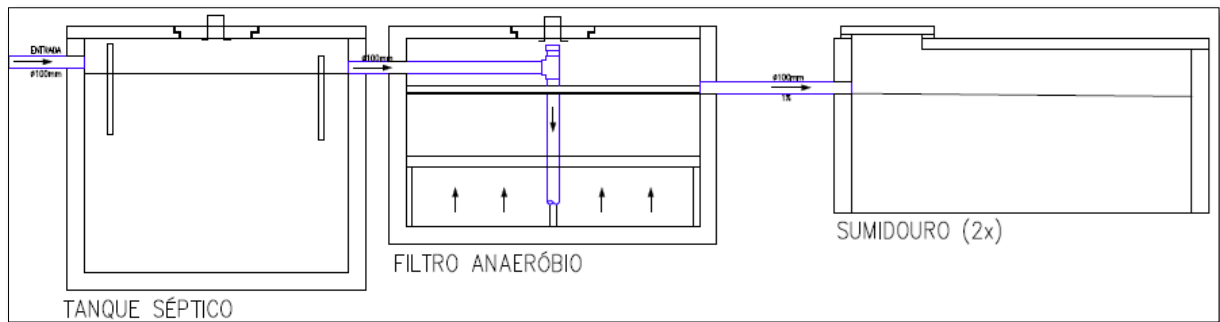
Substituindo os valores na fórmula obtemos, portanto, um comprimento total da vala de $34,28 \text{ m}$. Onde para o empreendimento foram adotadas 4 valas com 10 metros de comprimento, sendo 2 valas para cada sanitário, totalizando um volume útil de infiltração de 40 m^2 .

3.3 Objeto de comparação

O objeto comparativo será um sistema completo de Tanque-filtro e sumidouro como normalmente é empregado. O Tanque Séptico será executado em alvenaria de blocos cerâmicos em um formato prismático, seguindo os parâmetros de instalação mais disseminado e conhecido desse método de tratamento no país. A escolha do sumidouro como método de infiltração, em substituição à vala de infiltração utilizada em conjunto com o biodigestor, teve como finalidade estabelecer um comparativo entre o sistema implementado no quiosque e o método convencional de infiltração mais conhecido e amplamente adotado no país. Embora a vala de infiltração não seja uma tecnologia recente, ela ainda é pouco divulgada entre o público geral, sendo pouco utilizada em municípios de pequeno porte e regiões mais isoladas.

O tanque séptico será dimensionado a fim de atender as características específicas da região em questão em que o quiosque se encontra, buscando gerar uma comparação justa entre os métodos de tratamento.

Figura 14 – Sistema de Tanque séptico com filtro e sumidouro.



Fonte: Elaboração própria (2025).

3.3.1 Dimensionamento do Tanque séptico

Para o dimensionamento do tanque Séptico, foram utilizadas as fórmulas e as tabelas fornecidas pela NBR 17.076 de 2024.

Para análise de contribuição diária se considerou como banheiro público os sanitários do empreendimento, pois é uma área de uso comum que ficará localizada no quiosque. Os banheiros públicos se caracterizam por ter uma contribuição diária medida pela quantidade de bacias sanitárias existentes no local.

A fim de diminuir o Volume útil do Tanque séptico, assim como também o valor de implantação, foi considerado um intervalo de limpeza de um ano. Onde o sistema deverá passar por uma manutenção de limpeza periódica a cada ano após sua instalação.

- Do projeto temos: Quantidade de bacias sanitárias: $N = 9$
- Da tabela 1 da NBR 17.076 temos: Contribuição unitária de despejo: $C = 480$ litros/dia
- Da tabela 1 da NBR 17.076 temos: Contribuição unitária de lodo fresco: $L_f = 4$ litros/dia
- Contribuição de despejos: $N \cdot C = 4.320$ litros/dia
- Contribuição de lodo fresco: $N \cdot L_f = 36$ litros/dia
- Temperatura média do mês mais frio para a região de Mateiros – TO: 21°C

Segundo a NBR 17.076, para cálculo do volume útil do tanque Séptico se utiliza a fórmula:

$$V = 1000 + N \cdot C \cdot T + N \cdot L_f \cdot K, \text{ onde cada variante significa:}$$

- V = volume útil (litros)
- N = número de unidades contribuintes (bacias sanitárias)

- C = contribuição de despejos (litros/dia)
- T = tempo de detenção hidráulica (dias)
- L_f = contribuição de lodo fresco (litros/dia)
- K = taxa de acúmulo de lodo digerido (dias)
- Da tabela 2 da NBR 17.076 temos: $T = 0,83$ dias, para contribuição diária de 4.320 L/dia
- Da tabela 3 da NBR 17.076 temos: $K = 57$ dias, para temperatura de 21 °C e intervalo de limpeza de 1 ano

Substituindo os valores na fórmula obtemos, portanto, um Tanque Séptico com um volume útil de 6,638 m³.

3.3.2 Dimensionamento do Filtro Anaeróbico

Para o dimensionamento do Filtro Anaeróbico, foram utilizadas as fórmulas e as tabelas fornecidas pela NBR 17.076 de 2024.

Para cálculo do volume útil do Filtro Anaeróbico se utiliza a fórmula:

$V = 1,6 \cdot N \cdot C \cdot T$ onde cada variante significa:

- V = volume útil (litros)
- N = número de unidades contribuintes
- C = contribuição de despejos (litros/dia)
- T = tempo de detenção hidráulica (dias)
- Da tabela 2 da NBR 17.076 temos: $T = 0,83$ dias, para contribuição diária de 4.320 L/dia

Substituindo os valores na fórmula obtemos, portanto, um volume útil para o filtro Anaeróbico de 5,737m².

3.3.3 Dimensionamento do Sumidouro

O Sumidouro será dimensionado para a mesma área útil de infiltração, calculada para o biodigestor, pelo fato de os dois sistemas estarem sendo dimensionados para o mesmo empreendimento em questão, com a mesma contribuição diária de esgoto e com a mesma taxa de infiltração do solo. Portanto a área de infiltração útil para o sistema com Tanque séptico será de 30,86 m².

Com o objetivo de evitar problemas relacionados à alta capacidade de infiltração do solo arenoso e de reduzir a profundidade necessária para o sistema de infiltração, optou-se pela instalação de dois sumidouros em concreto pré-moldado, com área útil total de infiltração de 15,58 m². Cada sumidouro possui raio de 3,20 metros e profundidade de 1,50 metros.

4 SOFTWARES

Para realização dos detalhamentos e dos projetos foi utilizado o software AutoCAD, para a realização da análise de dados e da execução dos orçamentos foi utilizado o software Excel juntamente com o banco de dados do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil), referente ao estado do Tocantins.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise Orçamentária

Para a instalação do Biodigestor da marca Ecofossa, foram levados em considerações alguns parâmetros. A escavação para implementação do reator e da vala de infiltração será manual e para a base de suporte será feito um contrapiso de argamassa com traço 1:3 em volume de cimento e areia média úmida.

Tabela 6 – Orçamento sintético Ecofossa.

Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
ECOFOSSA					15.328,18	54,15 %
BIODIGESTOR ECOFOSSA 2 MIL LITROS	UND	2	6.404,80	6.404,80	12.809,60	45,25 %
CAIXA GRADEADA - 50 L	UND	1	516,81	516,81	516,81	1,83 %
CAIXA DE PASSAGEM 50X50X60 FUNDO BRITA SEM TAMPA	UNID	2	181,17	181,17	362,34	1,28 %
ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA.	m ³	16	79,62	79,62	1.273,92	4,50 %
REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO.	m ³	1,7	24,19	24,19	41,12	0,15 %
ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA CONTRAPISO, PREPARO MANUAL PARA A BASE.	m ³	0,36	901,11	901,11	324,39	1,15 %

VALA DE INFILTRAÇÃO					12.979,35	45,85 %
VALA DE INFILTRAÇÃO (0,50M X 0,50M X 10,00M).	UN	2	1.690,02	1.690,02	12.979,35	45,85 %
Total Geral				28.307,53		

Fonte: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (2025).

Para a instalação do Tanque Séptico, foram levados em considerações alguns parâmetros. A escavação para implementação do Tanque Séptico, filtro e sumidouro será manual e para a base de suporte será feito uma laje em concreto armado com espessura de 10 cm. O tanque Séptico será executado em alvenaria de bloco cerâmico, enquanto os modelos em concreto pré-moldado foram selecionados para a execução do filtro e dos sumidouros, por se tratar de uma solução mais familiar à população em geral no contexto nacional.

Tabela 7 – Orçamento sintético Tanque séptico.

Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
TANQUE SÉPTICO					11.837,57	43,14 %
ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA.	m³	23,27	79,62	79,62	1.852,75	6,76 %
REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO.	m³	14,8	24,19	24,19	358,01	1,31 %
CONCRETO FCK = 15MPa, TRAÇO 1:3,4:3,5 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MANUAL. PARA EXECUÇÃO DA LAJE DE APOIO.	m³	1	564,38	564,38	558,73	2,04 %
TUBO DE PVC BRANCO PARA REDE COLETORA DE ESGOTO CONDOMINIAL DE PAREDE MACIÇA, DN 100 MM, JUNTA ELÁSTICA - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO.	M	5	19,28	19,28	115,68	0,35 %
TANQUE SÉPTICO RETANGULAR, EM ALVENARIA COM TIJOLOS CERÂMICOS MACIÇOS, VOLUME ÚTIL: 6720 L.	UN	1	8.952,40	8.952,40	8.952,40	32,68 %
FILTRO ANAERÓBICO					6.745,72	24,62 %
FILTRO ANAERÓBIO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, DIÂMETRO INTERNO = 2,38 M, ALTURA INTERNA = 1,50 M, VOLUME ÚTIL: 5800 L.	UN	1	5.510,04	5.510,04	5.510,04	20,11 %
ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA.	m³	13,46	79,62	79,62	1.071,68	3,91 %
REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO.	m³	6,78	24,19	24,19	164,00	0,60 %
SUMIDOURO					8.833,29	32,24 %
ESCAVAÇÃO MANUAL DE VALA.	m³	15	79,62	79,62	1.194,30	4,36 %
REATERRO MANUAL DE VALAS, COM COMPACTADOR DE SOLOS DE PERCUSSÃO.	m³	6,5	24,19	24,19	157,23	0,57 %
SUMIDOURO CIRCULAR, EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, ÁREA DE INFILTRAÇÃO: 15. 72 m².	UN	2	3.740,88	3.740,88	7.481,76	27,31 %
Total Geral					27.416,58	

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

(2025).

A análise orçamentária entre os dois métodos de tratamento de esgoto revelou que a instalação do Biodigestor da marca Ecofossa juntamente com a vala de infiltração apresentou

um custo inicial de R\$ 28.307,53, enquanto o sistema convencional, composto por Tanque Séptico, Filtro Anaeróbico e sumidouro, totalizou um valor de R\$ 27.416,53.

É possível observar, portanto, uma diferença de R\$ 910,23 entre os métodos, sendo o sistema com a Ecofossa mais oneroso. Esse acréscimo no custo está diretamente ligado ao valor de aquisição inicial do equipamento que já é comercializado como um kit com o objetivo de facilitar a instalação. Apesar do investimento inicial mais elevado, a Ecofossa oferece vantagens como maior facilidade de instalação, menor tempo de execução da obra, menor volume de escavação por não necessitar de um filtro anaeróbico como complemento para o tratamento e pular diretamente para a etapa de infiltração no solo. Portanto, embora o custo inicial seja mais alto, a viabilidade técnica e a durabilidade do sistema ecológico podem justificar o investimento, especialmente em contextos em que o acesso à manutenção periódica é limitado.

5.2 Comparativo de manutenção

A manutenção de sistema de tratamento de esgoto com a utilização do Tanque séptico se refere diretamente a remoção do acúmulo de lodo do sistema de forma periódica. O tempo de limpeza do tanque é decidido no momento do dimensionamento.

A remoção do lodo é uma das tarefas mais importantes para manutenção do sistema. Ela deve ser executada por profissionais devidamente qualificados, que possuam o conhecimento técnico e os equipamentos apropriados para manusear o material de forma segura. A destinação final correta do lodo removido é outro ponto crítico, tendo em vista que este material pode conter elevadas concentrações de patógenos e substâncias potencialmente nocivas, exigindo tratamento e descarte em conformidade com as normas ambientais vigentes para prevenir a contaminação do solo e da água (De Sousa Xavier 2022).

De acordo com levantamento de mercado realizado na região de Mateiros – TO, atualmente não existem empresas locais que prestem serviços de limpeza de tanques sépticos. Diante dessa limitação, a alternativa viável é a contratação de empresas sediadas em Palmas – TO, município mais próximo com oferta desse tipo de serviço. Com base nas cotações obtidas junto a prestadoras da capital, verificou-se que o valor médio cobrado por metro cúbico de esgoto removido é de R\$ 197,49, enquanto o custo médio de frete para deslocamentos fora da cidade é de aproximadamente R\$ 5,00 por quilômetro rodado. Considerando que o tanque séptico projetado possui volume útil de 6,4 m³ e que a distância entre Palmas e Mateiros é de 311,40 km, o custo estimado para uma manutenção anual completa do sistema é de R\$ 4.377,94.

A manutenção do sistema de tratamento de esgoto utilizando o tanque biodigestor da marca Ecofossa está diretamente relacionada à aplicação periódica de biorremediadores. Esses agentes consistem, em sua maioria, em culturas de bactérias específicas que reforçam as colônias microbianas já presentes no sistema. Sua função é otimizar o processo de degradação da matéria orgânica, reduzindo significativamente o acúmulo de lodo gerado pelo tratamento de esgoto doméstico, o que contribui para o prolongamento da vida útil do sistema e a eficiência do processo biológico.

Segundo a Ecofossa (2025), a utilização de Biorremediadores aplicados em sistemas residenciais de esgoto ajudam a prevenir entupimentos, eliminar odores, reduzir a necessidade de limpeza de fossas e caixas de gordura, além de promoverem um ambiente mais saudável e sustentável. Para que o tratamento funcione com o máximo de eficácia é essencial que o produto seja aplicado pelo menos uma vez a cada dois meses de uso após a implantação do sistema.

A Ecofossa indica o uso do Biorremediador da marca ENZILIMP, e que seja utilizado 150 gramas do produto a cada aplicação. O produto é comercializado pela própria marca da Ecofossa em um pacote de 150 gramas e custa em média R\$ 53,80. Levando em consideração que a Ecofossa foi dimensionada para funcionar com uma aplicação mensal de Biorremediador para cada tanque instalado o valor total de manutenção anual será de R\$ 1291,20.

Figura 15 – Biorremediador da marca ENZILIMP.

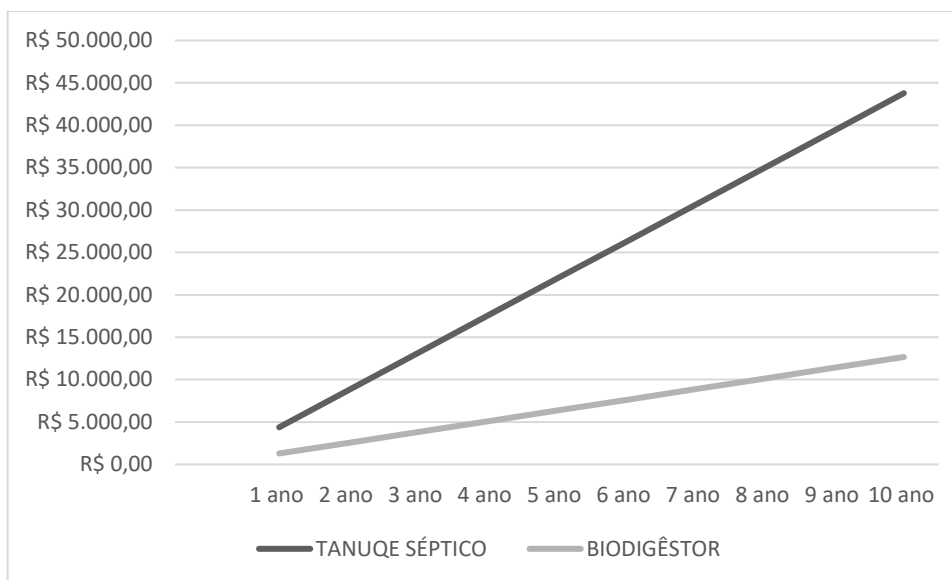
Fonte: Ecofossa (2025).

Projetando os custos de manutenção a longo prazo para um período de 10 anos para os dois métodos de tratamentos, temos:

Tabela 8 – Acréscimo anual por manutenção.

PERÍODO	MÉTODOS	
	TANQUE SÉPTICO	BIODIGESTOR (ECOFOSSA)
1 ano	R\$ 4.377,94	R\$ 1.291,20
2 anos	R\$ 8.755,87	R\$ 2.555,14
3 anos	R\$ 13.133,81	R\$ 3.819,08
4 anos	R\$ 17.511,74	R\$ 5.083,02
5 anos	R\$ 21.889,68	R\$ 6.346,96
6 anos	R\$ 26.267,62	R\$ 7.610,90
7 anos	R\$ 30.645,55	R\$ 8.874,84
8 anos	R\$ 35.023,49	R\$ 10.138,78
9 anos	R\$ 39.401,42	R\$ 11.402,72
10 anos	R\$ 43.779,36	R\$ 12.666,66

Fonte: Elaboração própria (2025).

Gráfico 1 – Projeção de custos Tanque Séptico x Biodigestor Ecofossa.

Fonte: Elaboração própria (2025).

A análise dos dados apresentados no gráfico evidencia a diferença nos custos de manutenção anual acumulada entre o sistema tradicional com tanque séptico e o sistema alternativo com biodigestor (Ecofossa). Ao longo dos 10 anos avaliados, verifica-se que os gastos com manutenção do tanque séptico se mostram mais onerosos, o crescimento de forma intensa se dá diretamente a necessidade periódica de limpeza do sistema para a remoção de resíduos. Ainda sem levar a consideração as necessidades de verificações estruturais e de estanqueidade do sistema.

Por outro lado, o sistema com biodigestor apresenta um custo de manutenção significativamente mais baixo, mesmo com o sistema sendo dimensionado com a necessidade de manutenções periódicas mensais.

Ao se considerar o custo total dos sistemas de tratamento de esgoto ao longo de um período de 10 anos, somando-se os valores iniciais de instalação e os gastos acumulados com manutenção, observa-se uma diferença significativa na viabilidade econômica de cada alternativa. O sistema tradicional com tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro apresenta um custo total aproximado de R\$ 71.195,94 enquanto o sistema com biodigestor Ecofossa totaliza R\$ 40.974,19. Embora o biodigestor tenha um custo inicial mais elevado, essa diferença é compensada ao longo do tempo por sua manutenção menos onerosa, resultando em uma economia de R\$ 30.202,47 em uma década.

Além dos aspectos orçamentários, é fundamental considerar a facilidade de manutenção de cada sistema e os impactos operacionais decorrentes para o empreendimento. A limpeza de

um tanque séptico caracteriza-se como um processo oneroso e complexo, exigindo mão de obra especializada, equipamentos apropriados e, frequentemente, a contratação de terceiros. Além de se caracterizar como uma operação demorada que pode gerar desconfortos, como odores desagradáveis durante sua execução. Em contraste, a manutenção do biodigestor Ecofossa apresenta-se como uma alternativa mais prática e acessível, uma vez que não demanda equipamentos específicos, nem mão de obra qualificada, sendo realizada de forma simples por meio da aplicação periódica de biorremediadores.

Considerando o parâmetro comparativo estabelecido neste trabalho, se observa que, para regiões isoladas como a do Jalapão, no município de Mateiros – TO, o sistema de tratamento por biodigestor Ecofossa demonstra-se mais viável do ponto de vista da manutenção. Essa vantagem decorre da dispensa de serviços periódicos de limpeza mecânica, que, em localidades remotas, acarretariam custos adicionais significativos com transporte de equipamentos. No caso da Ecofossa, a manutenção restringe-se à aplicação periódica de biorremediadores, procedimento de menor complexidade operacional e custo reduzido, o que reforça sua adequação às condições locais.

5.3 Viabilidade técnica de instalação

A instabilidade do solo arenoso representa um desafio significativo para a instalação de sistemas de tratamento de esgoto, independentemente do método adotado. Esse tipo de solo, caracterizado por baixa coesão, dificulta a escavação e a manutenção da forma das valas ou poços durante a construção, exigindo técnicas de contenção temporária ou definitiva, como escoramentos ou reforços laterais (ABNT NBR, 2023).

Ambos os métodos de tratamento de esgoto enfrentam desafios semelhantes relacionados à instabilidade do solo arenoso, quando se tratando do processo de escavação. No entanto, o sistema de biodigestor, como a Ecofossa, tende a ser menos impactado, uma vez que demanda apenas uma escavação principal, a escolha por uma vala de infiltração, também reduz significativamente os problemas relacionados a apoios estruturais. Por outro lado, o sistema composto por tanque séptico com filtro anaeróbio e sumidouro requer, no mínimo, três escavações de grande porte, o que acentua os riscos associados à instabilidade do terreno, exigindo cuidados adicionais com contenções e reforços estruturais. Essa diferença no volume e na complexidade das escavações pode comprometer a viabilidade técnica e econômica do sistema convencional, especialmente em regiões como o Jalapão, onde o solo arenoso impõe restrições construtivas mais específicas.

Outro problema relacionado aos solos arenosos é alta taxa de infiltração, que representa um grande desafio relacionado a destinação final dos efluentes tratados, pois favorece a rápida percolação da água no subsolo, aumentando o risco de contaminação do lençol freático. Esse tipo de solo, composto por partículas com baixa capacidade de retenção hídrica, dificulta o tempo de contato necessário para os processos naturais de filtragem e depuração, exigindo soluções técnicas que considerem essas limitações físicas (ABNT NBR 2024).

Ao se comparar os métodos de infiltração final, observa-se que o sumidouro é mais vulnerável às desvantagens impostas pelo solo arenoso, pois concentra os efluentes em uma estrutura vertical, reduzindo o tempo e a área de contato com o solo, o que pode acelerar o escoamento e aumentar o risco de saturação ou percolação direta para o lençol freático. Já a vala de infiltração, utilizada no sistema da Ecofossa, distribui os efluentes em uma área mais extensa e superficial, o que contribui para uma maior dispersão e absorção gradual do efluente. Essa característica reduz a pressão pontual sobre o solo e aumenta a eficácia do processo de filtração natural.

Dessa forma, ao considerar a viabilidade técnica de instalação em solos arenosos, observa-se que a Ecofossa oferece maior segurança ambiental e facilidade de implantação, enquanto o tanque séptico tradicional demanda maior atenção técnica e estrutural. A escolha do sistema mais adequado deve, portanto, levar em conta não apenas o custo inicial, mas também as exigências de instalação, os riscos ambientais associados ao tipo de solo e a infraestrutura disponível na localidade de implantação.

5.4 Desafio e Limitações

A implementação de sistemas de tratamento de esgoto em áreas com predominância de solo arenoso apresenta desafios significativos de ordem técnica, ambiental e normativa, os quais podem comprometer tanto a eficácia operacional quanto a viabilidade da instalação. Do ponto de vista ambiental que é o mais desafiador, destaca-se a elevada taxa de infiltração característica desse tipo de solo, que dificulta o controle da infiltração dos efluentes tratados e eleva o risco de contaminação do lençol freático. Tais limitações exigem soluções específicas e bem planejadas, uma vez que a adaptação dos sistemas convencionais nem sempre é suficiente para mitigar os impactos decorrentes dessas condições naturais.

O A ausência de normativas específicas e de padronização técnica voltadas à utilização de tanques biodigestores, como as fossas ecológicas, compromete a confiabilidade desses sistemas no contexto das normas brasileiras existentes. A carência de critérios normativos

claros dificulta tanto a correta implantação quanto a fiscalização adequada dessas tecnologias, o que pode resultar em riscos ambientais e sanitários. Além disso, a Resolução CONAMA nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões para o lançamento de efluentes em corpos receptores, se mostra insuficiente para contemplar regiões com características específicas, como aquelas encontradas em áreas de solo arenoso. Essa insuficiência regulatória causa uma incerteza sobre a adoção segura e eficaz de soluções descentralizadas de tratamento de esgoto em regiões com tais características.

Dessa forma, a superação desses desafios exige esforços conjuntos entre órgãos ambientais, instituições de pesquisa e comunidades locais, visando aprimorar as diretrizes normativas e fomentar a implementação segura e eficaz dessas tecnologias.

6 CONCLUSÕES

A análise comparativa entre os sistemas de tratamento de esgoto avaliados evidenciou que a combinação do biodigestor Ecofossa com vala de infiltração apresenta um custo inicial mais elevado para aquisição e implantação, em relação ao sistema convencional composto por tanque séptico com filtro anaeróbio e sumidouro. No entanto, ao se considerar os custos acumulados ao longo do tempo, a Ecofossa demonstrou maior viabilidade econômica, especialmente devido à simplicidade e à baixa frequência de manutenção exigida. Essa característica se mostra especialmente vantajosa em regiões remotas, como o Jalapão, onde a logística para serviços especializados é limitada e onerosa. Assim, embora inicialmente mais dispendioso, o sistema com Ecofossa representa uma solução tecnicamente eficiente, economicamente sustentável e operacionalmente mais adequada para áreas com acesso restrito a infraestrutura urbana.

É importante destacar que a análise financeira geral realizada neste trabalho considera que ambos os sistemas recebem as manutenções periódicas recomendadas, uma prática frequentemente negligenciada pela maioria dos proprietários dos empreendimentos. Caso essas manutenções não sejam realizadas, os resultados apresentados aqui serão diretamente impactados, especialmente no que se refere ao tanque séptico, que apresenta um custo anual de manutenção elevado. Apesar de ser o sistema mais amplamente utilizado no país, o tanque séptico também é o mais negligenciado no que diz respeito à manutenção.

No que diz respeito à viabilidade de instalação, observou-se que o sistema composto por tanque séptico, filtro anaeróbio e sumidouro exige maior complexidade construtiva, uma vez que demanda múltiplas escavações de grande porte, além de cuidados específicos com contenções devido a características do solo arenoso, como os encontrados no Jalapão. Essa condição implica em uma maior necessidade de mão de obra especializada, tempo de execução e uso de técnicas de estabilização do solo, o que pode comprometer a viabilidade técnica e econômica do sistema. Por outro lado, o sistema com Ecofossa apresenta maior simplicidade de implantação, concentrando sua instalação em uma única escavação de grande porte principal, já que a escavação da vala de infiltração não movimentava grandes volumes de terra, o que reduz significativamente os impactos estruturais e logísticos. Dessa forma, sob a perspectiva da viabilidade de instalação, a Ecofossa se mostra mais adequada para contextos de difícil acesso e solo instável, reunindo praticidade construtiva e segurança técnica.

Diante da análise realizada, conclui-se que a utilização de Biodigestores, como o sistema Ecofossa, representa uma alternativa viável e eficiente para o tratamento de esgoto doméstico

em regiões com solo arenoso. Apesar do investimento inicial mais elevado, o sistema demonstra vantagens significativas em termos de manutenção, sustentabilidade ambiental e viabilidade de instalação, especialmente em áreas isoladas. A comparação com o modelo tradicional de tanque séptico com filtro e sumidouro evidenciou limitações técnicas e econômicas relevantes, reforçando a necessidade de soluções mais atuais que se encaixe nas pautas de conservação ambiental propostas nos dias de hoje, e que ao mesmo tempo sejam viáveis financeiramente e com maior flexibilidade de implantação e funcionamento para diferentes regiões e suas complexidades.

Assim, este estudo contribui para o entendimento das possibilidades de saneamento básico descentralizado, trazendo novas alternativas apropriadas e sustentáveis que atendam às demandas ambientais, sociais e estruturais das diferentes comunidades, promovendo o acesso ao saneamento de forma segura e ambientalmente responsável.

7 PROPOSTA PARA TRABALHOS FUTUROS

- **Análise técnica da Ecofossa após 1 ano de instalação:** realizar um estudo detalhado para avaliar o desempenho e a durabilidade do sistema Ecofossa ao longo do primeiro ano de uso, considerando aspectos operacionais e manutenção.
- **Comparativo de resultados entre efluente tratado pela Ecofossa e tanque séptico em regiões com solo arenoso:** investigar as diferenças na qualidade do efluente e na eficiência do tratamento entre os dois sistemas em áreas com características específicas de solo, visando otimizar as recomendações para cada tipo de solo.

8 REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento básico. Disponível em:<<https://www.gov.br/ana/pt-br>>. Acesso em: janeiro 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12208 – Projeto e execução de valas para assentamento de tubulações enterradas**. Rio de Janeiro – RJ, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17076 – Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos**. Rio de Janeiro – RJ, 2024.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei nº 3.879/2021. Institui a política de incentivo à instalação de fossas sépticas biodigestoras nas áreas rurais do país**. Diário Oficial da União, Brasília, 2021. Disponível em:<<https://www.camara.leg.br/noticias/848761-projeto-institui-politica-de-incentivo-a-fossa-ecologica-na-area-rural>>. Acesso em: janeiro 2025.

BRASIL. **Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília. DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI – **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil**. Brasília: Caixa Econômica Federal, [s.d.]. Disponível em:<<https://www.caixa.gov.br/sinapi>>. Acesso em: 22 jun. 2025.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 357, 29 agosto de 2006.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 430, 13 de maio de 2011.

DE SOUSA XAVIER, Fabíola. **Tsunami: Contributos da Arquitetura Paisagista para a Resiliência**. 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa (Portugal).

DE SOUZA, Robson Oliveira. **Capacidade de carga de pesca esportiva no Rio Água Boa do Univini na região do Baixo Rio Branco–Roraima–Brasil**. Editora Dialética, 2022.

DONAGEMMA, G. K. et al. **Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1003-1020, 2016.

ECOFOSSA. **A Empresa e croquis**. Disponível em:<<https://ecofossa.com/a-empresa/>>. Acesso em: janeiro 2025.

ECOFOSSA. **Descubra qual a melhor solução de fossa ecológica para seu empreendimento**. Disponível em:<<https://ecofossa.com/a-empresa/>>. Acesso em: janeiro 2025.

FEINSTEIN, Bernardo Tenório Benchimol del Campo. Vai um mergulho? Recuperando a Baía de Guanabara com créditos de carbono. 2024. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Direito) – Faculdade Nacional de Direito, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2024.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de orientação técnica para o programa de melhorias Sanitárias Domiciliares**. Brasília – FUNASA, 2013.

GOUVÊA, Renato Martins. **Alternativas para mitigação de riscos de inundações: estudo de caso da microbacia hidrográfica dos córregos Bambus/Custodinho, Três Pontas/MG. 2024. 238 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2024.**

GRANZIERA, Maria Luiza Machado. **Direito de águas: disciplina jurídica das águas doces**. Editora Foco, 2022.

JORDÃO, E. P. e PESSOA, C. A. Tratamento de Esgoto Doméstico. 4º Edição. Rio de Janeiro, 2005.

LISBOA, Severina Sarah; HELLER, Léo; SILVEIRA, Rogério Braga. **Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, p. 341-348, 2013.

MADRONERO, Felix David Rivera. Potencial risco à poluição antropogênica no sistema aquífero Dunas/Barreiras da região metropolitana de Natal. 2022. 93 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

MOREIRA, F. K.; PAIVA, G. P. de P. Comunidade ecológica do Parque dos Cataventos – um exemplo de pluralismo jurídico. **Revista da Faculdade de Direito do Sul de Minas**, v. 38, n. 2, p. 102-117, 2022. Disponível em: <<https://revista.fdsu.edu.br/index.php/revistafdsu/article/view/482>>. Acesso em: 10 jun. 2025.

NASCIMENTO, Igor Costal Thiago Shinaigger Rocha et al. **Análise geoquímica de sedimentos de uma microbacia urbana na região Amazônica**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 17, n. 1, p. 547-563, 2024.

RIBEIRO, Gentil B. **Rio Apucarantina: Ênfase à Educação Ambiental**. Viseu, 2024.

SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (21.: 2024: Teresina). Livro de resumos. Teresina: EdUESPI, 2024. Disponível em: <<http://sistemas2.uespi.br/handle/tede/991>>. Acesso em: janeiro 2025.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>>. Acesso em: janeiro 2025.

TONETTI, Adriano Luiz et al. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Unicamp, 2018.

VALERA, Maritza Bautista. **Caracterização hidrológica da mata ciliar do Rio Huallaga, na zona de amortecimento do Parque Nacional Tingo María, Peru.** 2024. 73 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2024.

VIEIRA, Iasmim Fernanda. **Diagnóstico ambiental na microbacia rio Lontra - PR.** 2022. 77 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Francisco Beltrão, 2022.