



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ**  
**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ITAITUBA**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**EDIENE KORAP FERNANDES**

**PROJETO, EXECUÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE UMA BACIA DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UMA RESIDÊNCIA NO BAIRRO MARIA  
MADALENA – ITAITUBA PARÁ**

**ITAITUBA – PARÁ**

**2024**

**EDIENE KORAP FERNANDES**

**PROJETO, EXECUÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE UMA BACIA DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UMA RESIDÊNCIA NO BAIRRO MARIA  
MADALENA – ITAITUBA PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Itaituba, como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Andrews Malone Pontes da Costa

**ITAITUBA – PARÁ**

**2024**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/ Ufopa**

---

F363p Fernandes, Ediene Korap  
Projeto, execução e implantação de uma bacia de evapotranspiração em uma residência no Bairro Maria Madalena – Itaituba - Pará./ Ediene Korap Fernandes. – Itaituba, 2024.  
37 p.: il.  
Inclui bibliografias.

Orientador: Andrews Malone Pontes da Costa.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Itaituba, Bacharelado em Engenharia Civil.

1. Bacia de evapotranspiração. 2. Esgotamento sanitário. 3. Sustentabilidade. I. Costa, Andrews Malone Pontes da, *orient.* II. Título.

CDD: 23 ed. 363.72098115

**EDIENE KORAP FERNANDES**

**PROJETO, EXECUÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE UMA BACIA DE  
EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM UMA RESIDÊNCIA NO BAIRRO MARIA  
MADALENA – ITAITUBA PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Oeste do Pará - Campus Universitário de Itaituba, como requisito para obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Esp. Andrews Malone Pontes da Costa.

Conceito:

Data da Aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

---

Esp. Andrews Malone Pontes da Costa – Orientador  
Universidade Federal do Oeste do Pará

---

Me. Luamim Sales Tapajós  
Universidade Federal do Oeste do Pará

---

Me. Mikhail Santiago Araújo  
Universidade Federal do Oeste do Pará



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ITAITUBA  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

### ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ao oitavo dia do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e quatro, às 16h, realizou-se no auditório do Campus Universitário de Itaituba, a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso da discente **Ediene Korap Fernandes**, intitulado: “**Projeto, execução e implantação de uma bacia de evapotranspiração em uma residência no bairro Maria Madalena – Itaituba-PA**”, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil. Os trabalhos foram conduzidos pelo professor **Andrews Malone Pontes da Costa**, orientador do discente e presidente da Banca Examinadora, constituída também pelos membros convidados, o professor **Luamim Sales Tapajós** e o professor **Mikhail de Araújo Santhyago**. Após apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, a Banca Examinadora passou à arguição do discente. Encerrados os trabalhos de arguição, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre a apresentação e defesa oral do discente, considerando-o aprovado com nota 10. Proclamados os resultados pelo presidente da Banca, foram encerrados os trabalhos e, para constar, eu, Andrews Malone Pontes da Costa, na qualidade de professor orientador do Trabalho de Conclusão de Curso avaliado, lavrei a presente ata que assino juntamente com os demais membros da Banca Examinadora.

Itaituba - PA, 08 de outubro de 2024.

Presidente/orientador(a): Andrews Malone P. da Costa

Membro: Mikhail A. Santhyago

Membro: \_\_\_\_\_

## DEDICATÓRIA

À minha querida mãe, Edna Korap Munduruku,  
que sempre foi o apoio incondicional, exemplo  
de força e determinação.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus pela força, oportunidade e sustento diariamente desde o início desta trajetória.

Aos meus amados pais, cujo cuidado, apoio e sacrifícios tornaram possíveis cada etapa deste percurso. Suas palavras de encorajamento e exemplo foram a luz que guiaram meus passos.

Ao meu orientador e professor Andrews Malone, que não mediu esforços para me ajudar, expressei minha profunda gratidão, pelo amparo, paciência e ensinamentos que foram valiosos para a realização deste trabalho.

Aos professores que contribuíram para minha formação, em especial ao professor Luamim Tapajós, por sua luta na permanência dos discentes na universidade, pelo incentivo e lições que foram essenciais para o meu crescimento acadêmico.

Aos colegas Arthêmio Pereira e Nayla Marques, que toparam o desafio e se dispuseram a ajudar no desenvolvimento do trabalho, contar com o apoio de vocês foi fundamental para chegar até a conclusão, minha profunda gratidão.

Ao meu companheiro Joelson Batista, pelo apoio inabalável, amor e compreensão. Sua presença foi uma constante de força e equilíbrio.

Aos amigos, Elis Regina, Fernando Lemos, Jaqueline Burum e Renan Guimarães, pelo companheirismo, troca de conhecimentos e momentos compartilhados ao longo do caminho trilhado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

## EPÍGRAFE

“Uma mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

## RESUMO

O presente trabalho trata do projeto, execução e implantação de uma Bacia de Evapotranspiração em uma residência localizada no bairro Maria Madalena no município de Itaituba, Pará. A Bacia de Evapotranspiração é uma tecnologia sustentável para o tratamento de águas negras oriundas de sanitários residenciais, baseada nos processos naturais de evaporação e transpiração das plantas, visando a purificação de efluentes domésticos. A pesquisa propõe uma solução de baixo custo adequada para famílias de baixa renda, onde o saneamento básico é precário ou inexistente. A metodologia envolve a construção do sistema utilizando materiais de fácil acesso, como pneus reciclados, resultando em uma alternativa viável no ponto vista econômico e ambiental. Além de promover a adequação sanitária, o sistema favorece o cultivo de plantas, reforçando os princípios de sustentabilidade. Os resultados demonstram a eficácia da técnica, sua prática construtiva e sua potencial replicação em contextos semelhantes, contribuindo com melhorias no que tange ao tratamento de esgoto sanitário para famílias socioeconomicamente vulneráveis.

**Palavras – chaves:** Bacia de Evapotranspiração. Esgotamento Sanitário. Sustentabilidade.

## ABSTRACT

This paper deals with the design, execution and implementation of an Evapotranspiration Basin in a residence located in the Maria Madalena neighborhood in the municipality of Itaituba, Pará. The Evapotranspiration Basin is a sustainable technology for the treatment of sewage from residential toilets, based on the natural processes of evaporation and transpiration of plants, aiming at the purification of domestic effluents. The research proposes a low-cost solution suitable for low-income families, where basic sanitation is precarious or non-existent. The methodology involves the construction of the system using easily accessible materials, such as recycled tires, resulting in a viable alternative from an economic and environmental point of view. In addition to promoting sanitary adequacy, the system favors the cultivation of plants, reinforcing the principles of sustainability. The results demonstrate the effectiveness of the technique, its construction practice and its potential replication in similar contexts, contributing to improvements in sewage treatment for socioeconomically vulnerable families.

**Keywords:** Evapotranspiration Basin. Sanitary Sewage. Sustainability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Filtro anaeróbico .....	22
Figura 2 - Esquema de funcionamento de fossa séptica.....	23
Figura 3 - Esquema representativo de disposição final do efluente líquido tratado no solo em sumidouro.....	23
Figura 4 - localização da residência.....	25
Figura 5 - Corte em perspectiva da BET.....	26
Figura 6 - Pneus insersíveis.....	28
Figura 7 - Medição in loco do local a ser construído.....	30
Figura 8 - Início da escavação.....	30
Figura 9 – Construção das paredes em alvenaria e sua conclusão.....	31
Figura 10 – Instalação da câmara anaeróbica.....	31
Figura 11 – Preenchimento da bacia de evapotranspiração com camadas de terra da vala escavada, cacos de tijolos e entulho presente no local.....	32
Figura 12 – Recobrimento da BET com terra da vala escavada e adubo para plantio.....	32
Figura 13 – Vegetação plantada.....	33
Figura 14 – Bacia de Evapotranspiração concluída.....	33

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Elementos hidráulicos.....	25
Quadro 2 – Medidas do pneu.....	28
Quadro 3 – Custos da Bacia de Evapotranspiração.....	34

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BET	Bacia de Evapotranspiração
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
SEMINFRA	Secretária Municipal de Infraestrutura
SEMSA	Secretaria Municipal de Saúde

## LISTA DE ABREVIATURAS

m<sup>2</sup> Metros cuadrados

m<sup>3</sup> Metros cúbicos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Objetivos específicos.....</b>	<b>16</b>
<b>3. JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>17</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Introdução ao saneamento básico no Brasil.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Solo.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Caracterização do esgoto doméstico.....</b>	<b>19</b>
<b>4.4 Esgotamento sanitário.....</b>	<b>20</b>
<b>4.5 Sistema convencional de tratamento de esgoto doméstico.....</b>	<b>22</b>
4.5.1 Fossa séptica.....	22
<b>5. METODOLOGIA.....</b>	<b>24</b>
<b>5.1 Desenvolvimento do projeto construtivo.....</b>	<b>26</b>
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>29</b>
<b>6.1 Etapas construtivas da bacia de evapotranspiração.....</b>	<b>29</b>
<b>6.2 Viabilidade econômica e financeira.....</b>	<b>33</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>35</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A Bacia de Evapotranspiração (BET), é uma tecnologia sustentável utilizada no tratamento de efluentes domésticos, combinando processos naturais de evaporação e transpiração das plantas para promover a filtragem e purificação dos resíduos líquidos. Esse sistema, por sua vez, evita a contaminação do solo e dos corpos d'água, proporcionando uma solução eficaz em áreas onde o acesso a sistemas convencionais de esgotamento sanitário pode ser limitado ou inexistente.

No Brasil, entre os serviços que compõem o saneamento básico, o esgotamento sanitário ainda apresenta um desprovimento significativo de cobertura, especialmente quando comparado ao acesso da população à rede de abastecimento de água. Seguindo o painel saneamento do Trata Brasil (2024), 44,5% dos brasileiros carecem de serviço de esgotamento sanitário, em termos absolutos representam mais de 90 milhões de habitantes sem coleta e nem tratamento de esgotos. Logo, este modelo de tratamento de esgoto doméstico é uma alternativa promissora, visto em que nos dias atuais a busca incessante pela sustentabilidade para refrear impactos ambientais é primordial em diversas áreas, sendo uma delas o esgotamento sanitário.

Com base na Norma Brasileira (NBR) 17076 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024), que orienta sobre sistemas de tratamento de esgotos, como tanque de evapotranspiração. Objetivou-se elaborar um projeto de uma bacia de evapotranspiração, seguido de sua execução e implantação em uma residência no bairro Maria Madalena na cidade de Itaituba, Pará. Durante o desenvolvimento do projeto, foram considerados fatores como a quantidade de moradores na residência, efluentes gerados, e o tipo de tratamento de esgoto sanitário utilizado pelos residentes. A construção foi realizada utilizando materiais disponíveis na região, o que contribuiu para a redução de custos e a minimização dos impactos ambientais.

O saneamento básico no Brasil permanece uma meta distante para boa parte da população e a necessidade de implementar sistemas individuais de tratamento de resíduos líquidos (esgoto) é premente tanto em áreas urbanas quanto rurais. Com o propósito de evitar a contaminação da água e do solo onde a carência de infraestrutura obriga a população a adotar métodos inadequados para o descarte de resíduos, a urgência de um sistema eficaz de tratamento de esgoto torna-se particularmente evidente. Diante disso, o projeto busca aprofundar o conhecimento técnico sobre a Bacia de Evapotranspiração, um método alternativo para o tratamento de águas negras que se distingue não apenas por sua viabilidade econômica e custo-benefício, mas também por seu caráter sustentável e inovador no manejo de esgoto.

## **2. OBJETIVO GERAL**

Projetar e implantar uma Bacia de Evapotranspiração em uma residência localizada no Bairro Maria Madalena, na cidade de Itaituba, Pará, seguindo as diretrizes estabelecidas pela NBR 17076 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024).

### **2.1 Objetivos específicos**

- Projetar um sistema de tratamento de águas negras, conhecido como Bacia de Evapotranspiração e realizar sua implantação em uma residência familiar de baixa renda.
- Avaliar a viabilidade econômica da bacia de evapotranspiração como uma alternativa ecológica para o tratamento de águas negras.
- Apresentar um modelo de tratamento de águas negras adaptado para residências de famílias de baixa renda.

### 3. JUSTIFICATIVA

A ausência de sistemas de esgotamento sanitário adequados em áreas periféricas do Brasil resulta em sérios problemas ambientais e de saúde pública, incluindo a contaminação de solos, aquíferos e cursos d'água, bem como a proliferação de doenças de veiculação hídrica. Neste contexto, a bacia de evapotranspiração surge como uma solução eficiente, sustentável e de fácil implementação, capaz de reduzir esses impactos e contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população. Este estudo, ao propor o projeto e a implantação de uma bacia de evapotranspiração em conformidade com a NBR 17076 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2024), objetiva-se não apenas avaliar a eficácia e a viabilidade econômica desse sistema como uma alternativa ecológica para o tratamento de águas negras, mas também apresentar um modelo adaptado às condições específicas de residências de famílias carentes. A BET se destaca por ser uma solução de baixo custo e de fácil manutenção, ideal para áreas rurais e comunidades de pequeno porte que não têm acesso a redes de esgoto convencionais (Gomes *et al.*, 2020). Ao demonstrar sua viabilidade, o trabalho fornece evidências que podem apoiar a adoção de práticas semelhantes em outras regiões do país, contribuindo para a ampliação do acesso ao saneamento básico de qualidade. Além de proporcionar um exemplo prático de aplicação de conceitos de engenharia em um contexto real e expandir o repertório de soluções técnicas disponíveis tanto para os profissionais da engenharia quanto para o poder público, o trabalho oferece uma base sólida para futuras pesquisas e aprimoramentos na área de tratamento de efluentes, incentivando a incorporação de práticas sustentáveis no cotidiano da construção civil. A pesquisa, portanto, não só contribui para o avanço do conhecimento científico, mas também reforça o papel da engenharia na promoção de um desenvolvimento justo e equilibrado. Sendo assim, sua escolha se dá por sua capacidade de integrar processos naturais de tratamento de efluentes a um baixo custo operacional, além de sua adaptabilidade a diferentes condições locais, tornando-a uma opção esperançosa para comunidades que enfrentam desafios semelhantes, como o bairro Maria Madalena em Itaituba, Pará.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Introdução ao saneamento básico no Brasil

O saneamento básico é um dos maiores desafios para o desenvolvimento sustentável, especialmente em regiões rurais e comunidades de pequeno porte no Brasil. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (2018), cerca de 2,3 bilhões de pessoas no mundo ainda carecem de acesso a serviços de saneamento adequados, forçando quase metade desse número a realizarem suas necessidades a céu aberto. Em concordância a esta, Gomes *et al.*, (2020), afirma que no Brasil a situação é agravada pela incapacidade do poder público de fornecer esses serviços de maneira abrangente, resultando em uma grande carência, especialmente em áreas rurais e em municípios menores.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (2024), através do seu painel saneamento aponta cerca 32 milhões de brasileiros, ou seja, mais de 15% da população, ainda não possuem acesso ao sistema de abastecimento de água. Este dado revela uma lacuna preocupante em um serviço essencial para a vida humana. Além do problema no acesso à água potável, o saneamento é ainda mais crítico no que diz respeito ao esgotamento sanitário. Em conformidade com seus dados, o Instituto Trata Brasil (2024), revela que 44,5% da população, ou seja, mais de 90 milhões de pessoas, vivem sem acesso a serviços de esgoto adequados, o que inclui tanto a coleta quanto o tratamento dos jatos gerados. A falta desses serviços expõe a população a riscos elevados de contaminação e doenças, afetando de maneira desproporcional as regiões mais vulneráveis e perpetuando o ciclo de pobreza.

### 4.2 Solo

Segundo Jenny (1941), os fatores responsáveis pelo processo de formação dos solos são cinco: clima, relevo, seres vivos, materiais de origem e tempo. Neste sentido destaca-se que, cada solo é produto do efeito de todos os seus fatores de formação. A NBR 6502 (ABNT, 1995) define solo como “material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não ter matéria orgânica”, ou simplesmente, produto da decomposição e desintegração da rocha pela ação de agentes atmosféricos.

Quando se relaciona o conceito descrito acima com a Engenharia Civil, Vargas (1977) determina solo como todo material da crosta terrestre que não oferecesse resistência intransponível a escavação mecânica e que perdesse totalmente toda resistência quando em contato prolongado com a água. Dessa forma, conhecer os aspectos geológicos e geotécnicos é de fundamental importância para o desenvolvimento de qualquer construção de engenharia para

que se tenha conhecimento de onde está sendo fundada. A pesquisa sucinta de um perfil geológico pode evitar vários problemas, dentre estes, recalque de fundações até a colmatação de sumidouros.

O solo apresenta vários atributos que permitem caracterizá-lo, como a sua origem, composição, granulometria, permeabilidade e/ou porosidade. Para objeto de estudo é importante destacar a permeabilidade do solo. De acordo com Caputo (1973), a permeabilidade é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento da água através dele. Todos os solos se caracterizam mais ou menos permeáveis, como por exemplo, uma areia apresenta em sua composição canalículos com um diâmetro maior do que uma argila. Dentre os fatores que influenciam no coeficiente de permeabilidade do solo estão: granulometria, índice de vazios, composição mineralógica, estrutura, fluido, macroestrutura e temperatura. Visto que este último fator influi na viscosidade do fluido, Caputo (1973) define que quanto maior for a temperatura, menor é a viscosidade da água, e mais facilmente ela escoar pelos vazios do solo.

### **4.3 Caracterização do esgoto doméstico**

Conforme definido pela NBR 9648 (ABNT, 1986), o esgoto doméstico é o efluente líquido resultante das atividades de higiene e das necessidades fisiológicas dos seres humanos. As características desse esgoto, tanto em termos de volume quanto de composição, são fortemente influenciadas pelo uso da água, que pode variar em função dos hábitos da população, das condições climáticas e da situação socioeconômica da região em questão.

De maneira geral, observa-se que um aumento no consumo de água por parte da população resulta em um incremento proporcional na quantidade de esgoto gerado. O coeficiente de retorno, que estabelece a relação entre o volume de esgoto produzido e o volume de água utilizado, pode variar de 60% a 100% (Guimarães, 2019). Em termos qualitativos, o esgoto doméstico é composto por aproximadamente 99,9% de água, enquanto os 0,1% restantes são constituídos por microrganismos, sólidos orgânicos e inorgânicos, que podem estar tanto suspensos quanto dissolvidos. Essa fração reduzida é a responsável pela necessidade de tratamento do esgoto (Guimarães, 2019).

Nuvolari (2003), caracteriza a composição do esgoto doméstico da seguinte forma:

- Água;
- Detergentes e sabões;
- Gorduras;
- Mucos e células epiteliais descamadas;

- Fibras de origem vegetal e animal;
- Ureia, amoníaco e ácido úrico;
- Cloreto de sódio;
- Fosfatos.

Essa caracterização é essencial para compreender a importância do tratamento de esgoto, especialmente em áreas que carecem de sistemas adequados de coleta e tratamento. A ausência de um manejo adequado pode levar a sérios problemas de saúde pública e impactos negativos no meio ambiente, além de comprometer a qualidade dos recursos hídricos disponíveis. Portanto, a análise das características do esgoto doméstico é fundamental para o desenvolvimento de soluções eficazes de tratamento, que atendam às necessidades específicas de cada comunidade e promovam a preservação ambiental.

#### **4.4 Esgotamento sanitário**

A coleta e tratamento do sistema de esgoto é uma das atividades ligadas ao saneamento básico. Para Cavinatto (1992), saneamento significa higiene e limpeza. Este, por sua vez, engloba um conjunto de atividades relacionadas à coleta e o tratamento de resíduos tanto sólidos quanto líquidos como lixo e esgoto, como também ao abastecimento de água potável, o manejo de água pluvial, a limpeza, controle de pragas e qualquer tipo de agente patogênico, visando à saúde das comunidades.

Para evitar que esses dejetos humanos poluam o solo ou corpos d'água esses efluentes devem ter sua destinação final na rede pública de esgoto, mas quando não há na cidade ou no bairro um sistema coletor é necessário adotar outras medidas conforme sugere a NBR 17076 (ABNT, 2024), a qual recomenda alternativas, como a implantação de um sistema individual de tratamento de esgoto para disposição final desses efluentes, sendo o principal destino o solo.

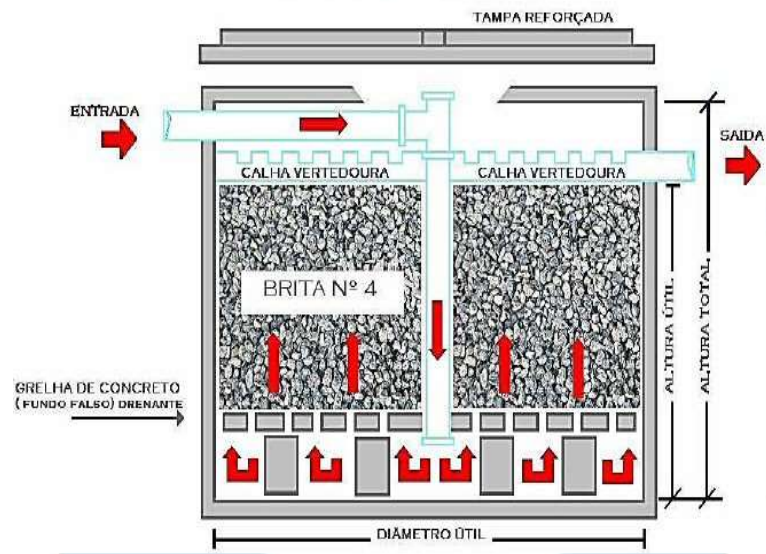
Conforme a NBR 9648 (ABNT, 1986), esgoto sanitário é o “despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária”. De acordo com a mesma norma, esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; água de infiltração é toda água proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; contribuição pluvial parasitária é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

Assim, é de fundamental importância a utilização de um sistema para tratamento dos resíduos gerados pelas atividades humanas, visando evitar problemas causados ao ambiente por essa atividade, como poluição das fontes hídricas, do solo de determinada região e distúrbios a saúde da população. A implantação de sistemas de tratamento de esgotos simples e econômicos é imprescindível para desenvolver o saneamento no Brasil, dado que sistemas desse tipo devem ser de fácil execução e manutenção além de dispensar equipamentos sofisticados.

A construção de um sistema individual de tratamento de esgoto em uma comunidade ou residência procura atingir os seguintes objetivos: afastamento rápido e seguro dos efluentes; coleta individual ou coletiva (fossas ou rede coletora); tratamento e disposição adequada dos efluentes tratados, visando atingir benefícios como conservação dos recursos naturais; melhoria das condições sanitárias locais; eliminação de focos de contaminação e poluição; eliminação de problemas estéticos desagradáveis; redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças; diminuição dos custos no tratamento de água para abastecimento (Leal, 2008).

É definida pela NBR 7229 (ABNT, 1993) como uma unidade destinada ao tratamento de esgoto, mediante afogamento do meio biológico filtrante, assim como na NBR 13969 (ABNT, 1997) um reator biológico onde o esgoto é depurado por meio de microrganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Desse modo o filtro anaeróbio é utilizado quando se tem uma carga orgânica muito elevada ou quando há uma necessidade definida em projeto melhorando o grau de tratamento do, o meio filtrante e composto de pedra britada onde as bactérias irão alojar-se, dando o devido tratamento ao efluente vindo do tanque séptico.

Figura 1 – Filtro anaeróbio.  
**FILTRO ANAERÓBIO**



Fonte: Cavinatto (2010).

#### 4.5 Sistema convencional de tratamento de esgoto doméstico

Existem diversos tipos de tratamento descentralizado de esgoto doméstico, no entanto, os métodos mais utilizados em regiões isoladas do Brasil são limitados. De acordo com dados do Censo Demográfico de 2022 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a solução de esgotamento sanitário mais comum no Brasil, conforme os dados coletados, foram fossa séptica ou fossa filtro não ligada à rede (13,2%). É alarmante que aproximadamente 49 milhões de pessoas (equivalente a 24,3% da população) ainda utilizem métodos precários para o esgotamento sanitário, pois evidencia a necessidade urgente de melhorias na infraestrutura sanitária e na implementação de soluções mais eficazes e sustentáveis no país.

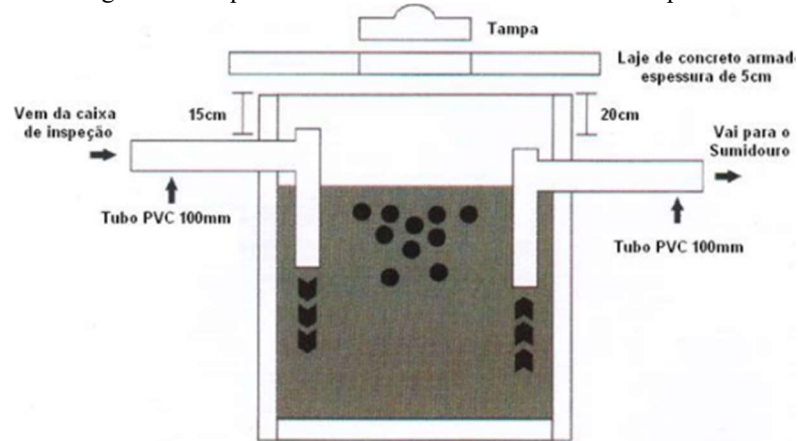
##### 4.5.1 Fossa séptica

A fossa séptica é um sistema de tratamento de esgoto individual, projetado para residências que não possuem acesso à rede pública de esgoto. Essas unidades de tratamento de efluentes domésticos combinam processos de tratamento físico e biológico para estabilizar a matéria orgânica. Elas são compostas por uma ou duas câmaras, construídas em alvenaria ou concreto, com formatos cilíndricos ou prismáticos retangulares (Silva, 2014).

Segundo Guimarães (2019) o tratamento para fossa séptica é consistido na separação dos sólidos sedimentáveis, que se depositam no fundo do tanque, onde ocorre a digestão anaeróbia da matéria orgânica, resultando no acúmulo de lodo na câmara, seguido da infiltração

do efluente no solo. Com o acúmulo dos dejetos, cerca de 90% do lodo acumulado no interior da câmara de ser retirado com caminhão “limpa-fossa” (Larsen, 2010). Segundo Frigo e Salvador (nd), as fossas sépticas removem de 50 a 60% da DBO do efluente, o que torna necessário um tratamento complementar. Além disso, essas fossas apresentam eficiência limitada na remoção de patógenos e de nutrientes.

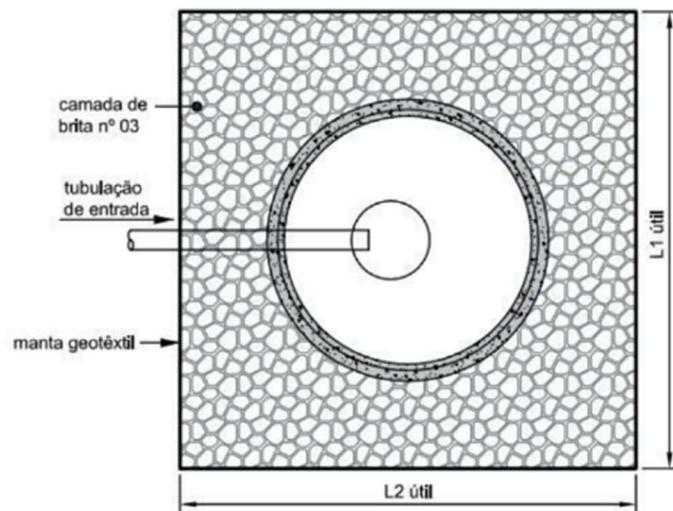
Figura 2 – Esquema de funcionamento de uma fossa séptica.



Fonte: Silva (2014).

Conforme Guimarães (2019), o sumidouro é uma das formas a dispor os efluentes procedentes da fossa séptica. O sumidouro é um poço de infiltração que recebe o efluente já tratado parcialmente pela fossa séptica com a função de permitir que efluentes ainda com alguma carga poluidora, seja absorvido gradualmente pelo solo, onde passa por processos adicionais de purificação. Esse sistema deve ser inspecionado para não causar danos ambientais e evitar a contaminação em aquíferos atendendo a legislação vigente aplicável como dispõe a normativa NBR 17076 (ABNT, 2024).

Figura 3 – Esquema representativo de disposição final do efluente líquido tratado no solo em sumidouro.



Fonte: NBR 17076 (ABNT, 2024).

## 5. METODOLOGIA

Através da pesquisa bibliográfica e experimental o presente trabalho tem como objetivo dimensionar um sistema de tratamento de águas negras composto de tanque séptico, 7 pneus, camadas de brita, camadas de areia, vegetação e viabilizar a implantação da mesma em uma residência no bairro Maria Madalena na cidade de Itaituba, Pará, adotando técnicas construtivas com embasamento teórico na norma NBR 17076 (ABNT, 2024) que trata de – Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos.

Como etapa inicial, a Bacia de Evapotranspiração (BET) tem como função primária a fermentação, onde as águas negras são decompostas pelas bactérias da câmara bioséptica de pneus e nos espaços criados entre as pedras e os tijolos colocados lado a lado da câmara. Os patógenos (fezes) são presos no sistema porque não tem como garantir a sua total eliminação pelo fato da estrutura interna da bacia ser fechada e sem saídas. Como já previsto, a bacia de evapotranspiração deve ser construída com técnicas onde se evite filtrações ou vazamentos. Desse modo a água no interior da bacia ficará presa, e irá percorrer toda a estrutura de baixo para cima se separando dos resíduos sólidos humanos assim irá passar pelas camas de areia, brita e solo com destino final as raízes das plantas. Após todo processo a água sairá do sistema no tratamento final em forma de vapor e sem contaminantes onde a evapotranspiração é realizada pelas plantas.

O método da pesquisa deu-se através de visita com vistoria e risco de saneamento para os residentes com o aceite de proposta de um sistema construtivo experimental. O bairro Maria Madalena é considerado pela Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) como um bairro com situações de riscos aos moradores devido sua localização geográfica, afastado do centro da cidade em que predominam hábitos rústicos de moradias, ainda decorre sobre este bairro nenhuma estrutura de esgoto, drenagem de águas pluviais, ou fiscalização por parte da Secretaria Municipal de Infraestrutura (SEMINFRA). O ponto estratégico escolhido pelo projeto se deu em função de sua localização por se tratar de um bairro periférico, com a composição familiar da residência composta por 3 moradores.

A residência tem sua localização na Travessa das Flores no bairro Maria Madalena, com área construída 50 m<sup>2</sup>, divididas em 4 cômodos; quarto, banheiro, cozinha e área de serviços. Seus elementos hidráulicos alimentados por reservatório superior de exatos 1000 litros, os elementos hidráulicos que constituem na residência estão detalhados no quadro a seguir.

Quadro 1 - Elementos hidráulicos

Elementos	Quantidade
Torneiras Lavatório	03
Torneiras Pia	01
Chuveiro	01
Ducha	01
Filtro de água	01
Caixa acoplada	01
<b>Total:</b>	<b>08</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Bacia de Evapotranspiração, também chamada de fossa de bananeiras, trata-se de um sistema para tratamento de águas negra residenciais, provenientes de sanitários convencionais. Este método não produz efluentes e reduz significativamente a contaminação do solo, águas superficiais e lençol freático. Segundo Vieira (2010), os dejetos humanos são transformados em nutrientes para plantas, a água sai por processo de evaporação, assim tornando-a completamente limpa. Entende-se a necessidade de um modelo alternativo para a destinação de águas negras, visto que a atual situação do meio ambiente se encontra em constante deterioração, principalmente em regiões interioranas onde existe a falta de conhecimento para métodos adequados de destinação para resíduos sanitários.

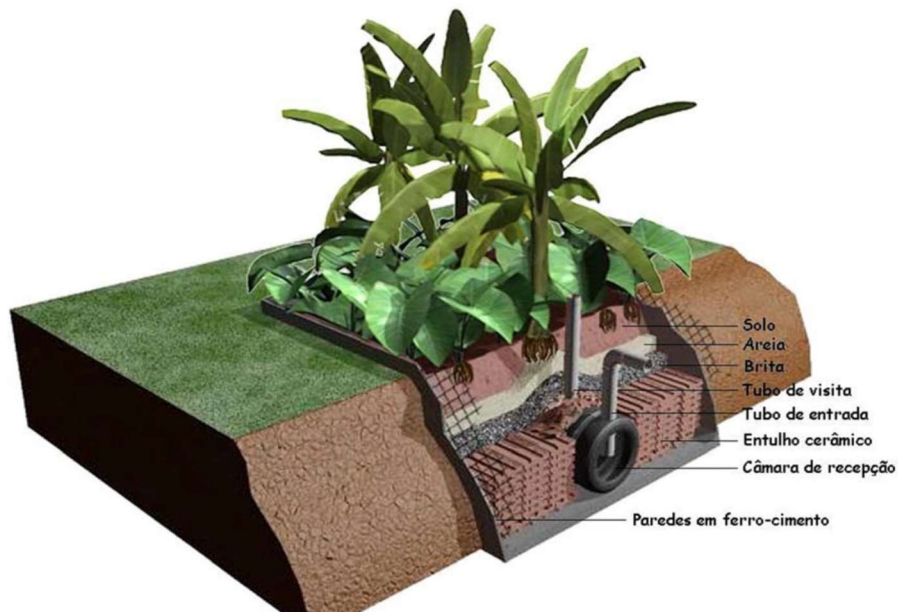
Figura 4 – Localização da residência.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na normativa utilizada segue, as etapas de execução e implantação da Bacia de evapotranspiração - BET, na referida residência no bairro Maria Madalena.

Figura 5 - Corte em perspectiva da BET



Fonte: Elaborado pelo autor.

### 5.1 Desenvolvimento do projeto construtivo

- Posição em relação a incidência solar

O processo de evapotranspiração está relacionado diretamente com o fator de incidência solar, a bacia deve ser voltada para a face norte considerando o hemisfério sul e sem obstáculos altos próximos à bacia, para não fazer sombra permitindo também a ventilação.

- Dimensionamento da estrutura

A bacia contemplou um volume de  $2 \text{ m}^3$  para cada morador, o suficiente para que o sistema funcione adequadamente. Para uma residência com três moradores, as dimensões da bacia deu-se por largura, profundidade e comprimento =  $2\text{m} \times 1\text{m} \times 3\text{m}$ , resultando em um volume total de  $6 \text{ m}^3$ .

É possível construir a bacia de diversas maneiras, entretanto, para a otimização de recursos sem comprometer a segurança, o método mais recomendado para a construção das paredes e do fundo é o de ferrocimento, pois resulta em paredes mais leves, exigindo menos materiais. O ferrocimento consiste no uso de uma estrutura de grau de ferro e tela de "viveiro" recoberta com argamassa. Para a composição das paredes, a argamassa deve ser preparada com duas partes de areia lavada para uma parte de cimento, enquanto a argamassa do piso deve seguir a proporção de três partes de areia lavada para uma parte de

cimento.

- Câmara anaeróbia

Após a conclusão da bacia e assegurada a sua impermeabilização, mantendo-a húmida por um período de três dias, dá-se início à construção da câmara, um processo bastante simplificado pelo uso de pneus usados e entulhos da obra. A câmara é fornecida por pneus e pode ser complementada com tijolos inteiros alinhados ou fragmentos de tijolos, telhas e pedras, desejados até a altura dos pneus. Esse arranjo cria um ambiente com espaços livres para a passagem da água, favorecendo a terapia de bactérias que realizarão a composição dos sólidos em moléculas de micronutrientes.

- Dutos de inspeção

Nesta etapa procede-se a fixação de 1 duto de 100 mm de diâmetro, conforme demanda a normativa NBR 17076 (ABNT, 2024), para realizar a inspeção e coletas de amostras de água.

- Camadas de materiais

Como a altura dos pneus é de aproximadamente 55 cm, combinada com a colmeia de tijolos disposta em cada lado, formará a primeira camada de preenchimento da bacia. Ainda restarão, em média, 45 cm para completar a altura da BET, além de mais quatro camadas de materiais. A segunda camada consiste em brita (cerca de 10 cm), a terceira é composta de areia (também cerca de 10 cm), e a quarta camada é de solo (aproximadamente 25 cm), que se estende até o limite superior da bacia. Recomenda-se usar um solo rico em matéria orgânica, com uma textura mais arenosa do que argilosa. A camada final consiste em adubo, que fica acima do nível da BET.

- Proteção

Como este sistema não possui tampa para cobrimento, e para evitar alagamentos causados pela chuva, a bacia deve ser coberta com camada de adubo. Todas as folhas caídas das plantas, bem como aparas de grama e restos de sementes, devem ser dispostas sobre uma bacia, criando uma cobertura natural que permite que a água da chuva escoe para fora do sistema. Para evitar que a água superficial entre a bacia, uma fiada de tijolos ou blocos de concreto deve ser colocada ao redor dela, elevando sua borda acima do nível do terreno.

- Plantio

Por fim, pode-se plantar espécies de folhas largas como mamoeiro, bananeiras,

taioabas, caetés, ou hortaliças como coentro e cebolas, etc.

Optou-se por usar pneus descartados, devido o município não possuir política de descarte adequado, ocasionando transtornos físicos e poluentes para a natureza e seus habitantes. Conforme o Censo de 2022, a cidade de Itaituba possui um quantitativo de 123.312 mil habitantes com grandes volumes de tráfegos, e atividade típicas de logísticas tendo como caminhões, ônibus, tratores, carretas, entre outros. Todos os citados contribuem para o descarte incorretode pneus, sabemos que existe várias formas de reaproveitar esse objeto, porém, o município de Itaituba não investe no setor de reciclagem de pneus.

Quadro 2 - Medidas do Pneu

Diâmetro	0,60 metro
Altura	0,28 metro
Resistência axial	2,4 toneladas

Fonte: Tabela do fabricante Goodyear,2010.

Figura 6 – Pneus insersíveis.



Fonte: Arquivo Pessoal (2024).

Baseando-se nessa realidade fortificou a certeza de pesquisar o elemento do sistema de saneamento básico residencial e contribuir para ajudar o meio ambiente e somar na salubridade dos comunitários que vivem em situação de riscos.

Então chegou-se nas seguintes medidas para o sumidouro:

- Diâmetro de 0,60 m.
- Profundidade de 1m.
- Largura de 2m Comprimento de 3m.
- Capacidade volumétrica de aproximadamente para 6 m<sup>3</sup>.
- Capacidade de atendimento para 3 pessoas.

A seguir o esquema de como será montado o sistema de saneamento para atender as necessidades de uma residência unifamiliar. Como primeiro passo, iniciar a execução de implantação do projeto, como primeira fase a escavação e nivelamento do solo com as dimensões de 1 m X 2 m X 3 m. Como segunda etapa, a construção do piso em concreto e a construção das paredes de alvenaria com 1,40 m de altura. Deste modo, iniciar a instalação das ligações das tubulações de esgoto de águas negras da residência, com tubulação em pvc rígido soldável com inclinação de 2% a câmara de pneus. Preencher a BET com camadas cacos de tijolos de 70 cm de altura, brita com camada de 10 cm de altura, camada de areia com 20 cm de altura, por fim a cobertura de hortaliças com 30 cm de altura, desse modo recobrimo a mesma com solo e vegetação.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O processo construtivo da Bacia de Evapotranspiração demonstrou ser satisfatório em múltiplos aspectos, a combinação de técnicas construtivas com práticas sustentáveis resultou em um sistema que não apenas trata águas residuais, mas também integra o cultivo familiar à vida cotidiana dos moradores contemplados. Em relação ao esgotamento sanitário a maioria dos domicílios em Itaituba, Pará utilizam fossas sépticas ou rudimentares (Infosanbas, 2024).

### **6.1 Etapas construtiva da bacia de evapotranspiração**

Foi realizada uma visita na residência para análise da área e local a ser contruído a Bacia de Evapotranspiração, onde foram anotados suas medições para início da execução.

Figura 7 – Medição in loco do local a ser construído.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A escavação da vala foi realizada de forma manual, respeitando a delimitação da alvenaria a ser construída, com os equipamentos manuais, como picareta, pá e enxada.

Figura 8 – Início da escavação.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

As paredes da Bacia de Evapotranspiração, foram construídas em alvenaria conforme método tradicional, massa de concreto (cimento, areia e água) e tijolos, com prática construtiva manual.

Figura 9 – Construção das paredes em alvenaria e sua conclusão.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Após a conclusão das paredes em alvenaria foram instalados a câmara anaeróbia de pneus e o tubo de instalação que fazem a recepção dos dejetos gerados pela residência domiciliar.

Figura 10 – Instalação da câmara anaeróbia e tubulação.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Em seguida, foi realizado os preenchimentos laterais da BET, com a utilização da terra retirada da escavação e entulhos presentes no local da residência, como cacos de tijolos e garrafas de plástico e vidro.

Figura 11 - Preenchimento da bacia de evapotranspiração com camadas de terra da vala escavada, cacos de tijolos e entulho presente no local.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Para recobrimento, foram utilizados terra da escavação e adubo para o plantio adequado conforme vegetação escolhida.

Figura 12 – Recobrimento da BET com terra da vala escavada e adubo para plantio.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

A vegetação escolhida para o plantio e cobertura da BET, foi a de hortaliças, que contemplou coentros e cheiro verde devida a alta demanda do mercado local, servindo também para consumo próprio dos moradores.

Figura 13 – Vegetação plantada.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

Conclusão da Bacia de Evapotranspiração devidamente implantada conforme as necessidades da residência com delimitação de sua área de plantio.

Figura 14 – Bacia de Evapotranspiração concluída.



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

## 6.2 Viabilidade econômica e financeira

A viabilidade econômica e financeira para o desenvolvimento da Bacia de Evapotranspiração apresentou uma abordagem inovadora e sustentável para o tratamento de águas negras em residências e comunidades de baixa renda. A tabela a seguir resume os

custos envolvidos na construção da BET, evidenciando a economia gerada por recursos disponíveis localmente e a colaboração da equipe voluntária.

Quadro 3 – Custos da Bacia de Evapotranspiração.

<b>Item</b>	<b>Custo</b>	<b>Observações</b>
Cimento	R\$ 100,00	Aquisição
Tubo	R\$ 80,00	Aquisição
Hortaliças	R\$ 50,00	Aquisição
tijolos	-	Disponível na residência
Pneus	-	Coletados em borracharias
Areia	-	Disponível na residência
Escavação	-	Equipe voluntária
<b>Total:</b>	<b>R\$ 230,00</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A construção da BET teve seu investimento total de R\$ 230,00 (duzentos e trinta reais ), considerando apenas os materiais que demandaram a aquisição. Os tijolos, pneus e areia foram obtidos sem custo, demonstrando viabilidade econômica do projeto, que se fundamenta na reutilização de materiais. A escavação foi executada por uma equipe voluntária de estudantes da Universidade Federal do Oeste do Pará, o que não apenas reduziu custos mas também fomentou participação e o engajamento dos moradores. Essa abordagem colaborativa é essencial em contextos socioeconômicos, onde a limitação de recursos financeiros podem ser um obstáculo para a implementação de soluções de saneamento, pois sua praticabilidade de implementação vai além de custos, englobando impactos sociais e ambientais positivos gerados.

## 7. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo projetar, implantar e apresentar um sistema de tratamento de águas negras que atendesse famílias com vulnerabilidade econômica, desenvolvido de maneira a atender as necessidades da residência contemporânea. A pesquisa foi orientada pela premência de soluções sustentáveis diante da carência de infraestrutura de esgotos em áreas periféricas, buscando não apenas sua viabilidade técnica, mas a inclusão social e a preservação ambiental. O trabalho demonstrou que ao integrar práticas de engenharia com uma abordagem ecológica, é possível reduzir impactos negativos pela falta de infraestrutura sanitária.

Os resultados alcançados com a Bacia de Evapotranspiração indicam que esse sistema não só atende às necessidades de tratamento de efluentes, mas colabora com o reaproveitamento de materiais descartados com destinação final incerta como pneus, entulhos, garrafas plásticas e de vidro. A colaboração dos moradores para a execução do projeto resultaram em uma significativa redução de custos, este aspecto reforça a viabilidade econômica e promove responsabilidade com o meio ambiente.

Durante a implantação do projeto verificou-se a facilidade de execução, como também a implantação, visto que as técnicas construtivas possibilitam um fácil entendimento ao executante, que por fim torna mais ágil o cronograma de execução. Portanto o referido projeto desenvolve várias práticas e metodologias tanto na parte construtiva como no aprendizado social de conscientização e conhecimento de métodos alternativos para o despejo de resíduos provenientes de vasos sanitários.

Este trabalho, portanto, não só contribui para o avanço do conhecimento técnico na área, mas também oferece um modelo de referência que pode ser utilizado por profissionais da engenharia e gestores públicos na busca por soluções sustentáveis e inclusivas para o tratamento de efluentes. Em síntese, a implementação da Bacia de Evapotranspiração se revelou uma alternativa prática e inovadora, capaz de ser replicada em comunidades que enfrentam desafios similares quando se refere ao saneamento básico.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira 17076: Projeto de sistema de tratamento de esgoto de menor porte – Requisitos**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira 13969: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira 6502: Rocha e Solo – Terminologia**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1995.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Norma Brasileira 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, 1986.

CAPUTO, H.P., **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., Vol. 2, 6ª ed., 498 p. Rio de Janeiro, 1973.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar**. Editora Moderna. São Paulo, 1992.

FRIGO, F., SALVADOR, N. N. B., n.d. **Alternativas sustentáveis para o esgotamento sanitário de residências e de pequenos assentamentos rurais**. Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara, São Paulo. Disponível em: [alternativas-sustentaveis-esgotamento-sanitario.pdf](http://alternativas-sustentaveis-esgotamento-sanitario.pdf) ([uniara.com.br](http://uniara.com.br)). Acesso em: 10 ago. 2024.

GOMES, José Romário Soares; CAPITÓ, Aline Cerqueira Paranhos; PINTO JÚNIOR, Ismar Macário; SILVA, Djair Felix da. **Estudo da viabilidade de implantação da bacia de evapotranspiração para a coleta e tratamento de esgoto doméstico em zonas rurais e pequenos municípios**. Cadernos de Graduação, Alagoas, v. 6, n. 2, p. 194-206, out. 2020.

GUIMARÃES, Rocha Éricka. **Avaliação do tratamento de efluentes domésticos por bacia de evapotranspiração – Um estudo de caso de Aldeia Velha, Silva, RJ.** Monografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2022: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 12 ago. 2024.

INFOSANBAS. **Itaituba.** Brasil, 2024. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/itaituba-pa/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel saneamento Brasil.** Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=0>. Acesso em: 24 set. 2024.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation: a system of quantitative pedology.** McGraw-Hill, 281 p. New York, 1941.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR.** Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, 2010.

LEAL, F. C. T. Juiz de Fora. 2008. **Sistemas de saneamento ambiental. Faculdade de Engenharia da UFJF. Departamento de Hidráulica e Saneamento.** Curso de Especialização em análise Ambiental. 4 ed. 2008. Notas de Aula.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** 1 ed. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

OMS. **OMS pede aumento de investimentos para atingir meta de banheiro para todos.** Brasil, 2018. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/1-10-2018-oms-pede-aumento-investimentos-para-atingir-meta-banheiro-para-todos>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SILVA, Diani Fernanda da. **Tecnologia alternativa para tratamento de efluentes domésticos da área rural.** Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2014.

VARGAS, M. **Introdução à mecânica dos solos.** McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1977.