

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO – EIXO DAS TECNOLOGIAS
ENGENHARIA CIVIL

CAIO MAURILIO GODOI DA HORA

**DIMENSIONAMENTO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA TRATAMENTO DE
ESGOTOS DOMÉSTICOS APLICADO ÀS ZONAS RURAIS.**

DELMIRO GOUVEIA – AL

2021

CAIO MAURILIO GODOI DA HORA

**DIMENSIONAMENTO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA TRATAMENTO DE
ESGOTOS DOMÉSTICOS APLICADO ÀS ZONAS RURAIS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas – UFAL, Campus do Sertão,
como requisito parcial à obtenção do Título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Antonio Oliveira Netto

DELMIRO GOUVEIA – AL

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

H811d Hora, Caio Maurilio Godoi da

Dimensionamento de biorremediação para tratamento de esgotos domésticos aplicado às zonas rurais / Caio Maurilio Godoi da Hora. – 2021.

40 f. : il.

Orientação: Antônio Pedro de Oliveira Netto.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2021.

1. Esgoto domiciliar. 2. Saneamento básico. 3. Biorremediação vegetal. 4. Fossa verde. 5. Zona rural. I. Oliveira Netto, Antônio Pedro de. II. Título.

CDU: 628.242

Folha de Aprovação

CAIO MAURILIO GODOI DA HORA

DIMENSIONAMENTO DE BIORREMEDIAÇÃO PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS APLICADO ÀS ZONAS RURAIS.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas - Campus do Sertão e aprovado em 22 de setembro de 2021.

Documento assinado digitalmente



Antonio Pedro de Oliveira Netto
Data: 28/09/2021 14:41:44-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto, UFAL - Campus do Sertão (Orientador)

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente



Antonio Pedro de Oliveira Netto
Data: 28/09/2021 14:41:44-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Dr. Antonio Pedro de Oliveira Netto, UFAL - Campus do Sertão (Orientador)

Prof. Raimundo Nonato Gomes Junior - Campus do Sertão (Examinador Interno)

James Monteiro Dias - Engenheiro Civil e Mestrando da UFS (Examinador Externo)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, por ter sido base e consolo nos momentos de aflição e de dificuldades, por ser fonte de determinação para continuar independente dos obstáculos.

Ao meu pai, Ednaldo Maurilio da Hora, que desde os meus primeiros anos de idade me ensinou a gostar de estudar e de matemática, além de me incentivar, dar todo apoio e ser fonte de inspiração e humildade. A minha mãe, Edilene Godoi Leite, minha vida, aquela por quem luto todos os dias e dona dos melhores conselhos, sempre me ensinou a nunca desistir e não mediu esforços para me ajudar, além de sempre me acolher com seus cuidados e carinhos.

Ao meu irmão, Anthony Maurilio Godoi da Hora, que sempre esteve ao meu lado com sua amizade incondicional e amor fraterno. As minhas irmãs, Thaiany Makelly Melo da Hora e Thaís Kelly Melo da Hora, por todo amor fraterno, compreensão e incentivo todos esses anos.

A minha esposa, Evelyn Milene, por toda paciência, amor, cuidado e incentivo. Sempre esteve ao meu lado aguentando meus abusos e estresses com projetos e provas, além de sempre me acalantar quando chorava com toda insegurança e medo de fracassar.

As minhas tias, Valdete e Ivonete, por todo apoio, ajuda e por fazer parte dessa caminhada.

Ao meu padrinho, Rogério Alves, por toda dedicação e apoio, também por nunca medir esforços para me ajudar.

A minha avó, Valdelice, que sempre buscou o melhor para mim. A minha avó, Maria do Carmo, por todo cuidado e carinho comigo.

Aos meus amigos e colegas das engenharias, principalmente, Bruno Santos, Anne Karoline, José Ulisses, Katarina Beatriz, Belãne Guimarães, Beatriz Marques, Karolayne Andrade, Murilo Lima, Noé Calixto, Tiago Augusto, Carlos Dantas, Adeilson França e Eloiza Stephane por dividirem o peso do curso e sempre incentivarem, também por todas as madrugadas estudando e fazendo projetos.

Aos meus grandes amigos do estágio e hoje para a vida, Lucas Alves e Natielli Rodrigues, por todos os aprendizados compartilhados.

A todos que me auxiliaram de forma direta ou indireta, meus amigos e colegas, seja na vida pessoal ou profissional.

Por fim, representando todos os mentores que contribuíram para minha formação, meu professor, Antonio Oliveira Netto, por ter sido meu orientador dedicado e amigo, também por todo suporte para realização desse trabalho.

“Sem sonhos, a vida é uma manhã sem orvalhos, um céu sem estrelas, um oceano sem ondas,
uma vida sem aventura, uma existência sem sentido.”

AUGUSTO CURY

RESUMO

O saneamento básico apresenta condições precárias em boa parte do território brasileiro, com índice de 50,3% de esgotos coletados, influenciando de forma direta na saúde pública. No âmbito rural a situação é mais contingente, com altos índices de doenças de veiculação hídrica, devido ao baixo padrão social e a falta de tratamento dos esgotos domiciliares. Desenvolver o saneamento na zona rural exige compreensão das características da localidade em estudo, sobretudo, para implantar uma tecnologia de tratamento sustentável, eficaz e economicamente viável. Uma alternativa é a biorremediação vegetal – fossa verde que proporciona o tratamento eficiente dos efluentes domésticos na zona rural e urbana, promovendo qualidade de vida, saúde e possibilitando o plantio de espécies frutíferas que auxiliam no processo de tratamento. Assim, o presente estudo se trata do dimensionamento de um sistema de biorremediação vegetal – fossa verde para o povoado Peba, localizado na zona rural de Delmiro Gouveia – Alagoas, atendendo a 186 habitantes e projetado com durabilidade de 20 anos. A projeção populacional atendeu os principais métodos de cálculo recomendados para projetos e o sistema foi dimensionado atendendo a NBR 7229/93.

Palavras-chave: Saneamento básico; tratamento; biorremediação vegetal; qualidade de vida; dimensionamento fossa verde.

ABSTRACT

Basic sanitation presents precarious conditions in much of the Brazilian territory, with an index of 50.3% of collected sewage, directly influencing public health. In rural areas, the situation is more contingent, with high rates of waterborne diseases, due to the low social standard and lack of treatment of domestic sewage. Developing sanitation in rural areas requires understanding the characteristics of the location under study, above all, to implement a sustainable, effective and economically viable treatment technology. An alternative is plant bioremediation – a green cesspool that provides efficient treatment of domestic effluents in rural and urban areas, promoting quality of life, health and enabling the planting of fruit species that help in the treatment process. Therefore, the present study is about the dimensioning of a plant bioremediation system – green cesspool for the Peba village, located in the rural area of Delmiro Gouveia – Alagoas, serving 186 inhabitants and projected to last for 20 years. The population projection met the main calculation methods recommended for projects and the system was dimensioned according to NBR 7229/93.

Keywords: Basic sanitation; treatment; plant bioremediation; quality of life; sizing green fossa.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do canteiro biossépico	19
Figura 2 - Localização do sistema	23
Figura 3 - Água negra provenientes dos esgotos domiciliares do povoado Peba.....	24
Figura 4 – Planta baixa do tanque séptico.....	35
Figura 5 – Corte do tanque séptico	35
Figura 6 – Planta baixa da fossa verde.....	37
Figura 7 – Corte da fossa verde	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Níveis de atendimento com águas e esgotos em 2015.	16
Tabela 2 - População com acesso e déficit de saneamento em 2015.	16
Tabela 3 - Métodos de projeção populacional.....	25
Tabela 4 - Dados populacionais.....	25
Tabela 5 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante.....	28
Tabela 6 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.....	29
Tabela 7 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio.....	29
Tabela 8 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil	30
Tabela 9 – Temperaturas em Delmiro Gouveia - AL.....	33

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivos gerais	13
1.1.2 Objetivos específicos	13
1.2 Justificativa	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Os Problemas de saneamento básico e seus impactos.	14
3. BIORREMEDIAÇÃO	17
3.1 Fossa Verde	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1. Visão Geral	22
4.2 Projeção populacional	24
4.3 Dimensionamento Tanque Séptico	27
4.4 Dimensionamento Fossa Verde	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

Alguns países têm implantado inovações para tratamento de efluentes, mas a falta de saneamento básico é real. O Brasil, um país emergente, ou seja, está em processo de desenvolvimento, por mais que tenha políticas públicas para programar um sistema de saneamento vem sofrendo com a deficiência no tratamento dos efluentes, com isso o investimento na área de saneamento é de grande relevância na prevenção de doenças associadas à veiculação hídrica (ARAÚJO, 2014).

Os esgotos são compostos em sua maior parte de água e o restante da composição são sólidos orgânicos, inorgânicos e microrganismos que por serem consumidores de matéria orgânica e de oxigênio podem causar transtornos desagradáveis e ocorrência de patógenos na vida animal em geral (ARAÚJO, 2014).

A maior parte da população brasileira com acesso a saneamento vive nas áreas urbanas, enquanto que na zona rural verifica-se maior susceptibilidade a condições precárias de saneamento e como consequência aumentam os índices de doenças ligadas aos esgotos a céu aberto nessas localidades. O saneamento na zona rural exige conhecimento das suas peculiaridades para poder utilizar um sistema que mostre resultados no tratamento dos esgotos (GABIALTI, 2009).

Atualmente novos sistemas surgiram com uma abordagem funcional e econômica muito viável, além de propor o reuso do efluente tratado, como exemplo os sistemas de biorremediação vegetal. A biorremediação vegetal se enquadra de forma eficaz para o tratamento de qualidade dos efluentes, por ser um processo biológico de digestão anaeróbia que consome a matéria orgânica presente nos esgotos domiciliares. A tecnologia é uma atraente alternativa para o saneamento rural, pois além de proporcionar qualidade de vida e saúde, é uma forma de tratamento com grande eficácia e um custo acessível, além de permitir a plantação de espécies frutíferas.

Os altos índices de doença devido à falta de saneamento e a necessidade de tratamento para os esgotos domiciliares refletem na busca de tecnologias com alto potencial de tratamento que recuperem e tratem recursos ambientais. No Ceará a utilização da biorremediação vegetal, por meio das fossas verdes, tem reduzido o quadro negativo de saneamento, promovendo a saúde pública e reduzindo a quantidade de contaminantes existentes no meio ambiente (COELHO; REINHARDT; ARAÚJO, 2018).

Diante disso, o presente trabalho visa entender as necessidades e características do povoado Peba, em Delmiro Gouveia-AL, propondo uma alternativa sustentável no âmbito do saneamento rural, evidenciando e compreendendo os mecanismos da biorremediação vegetal e os seus benefícios gerados no tratamento de esgotos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos gerais

Dimensionamento de um sistema de biorremediação para viabilizar a promoção da saúde pública e mitigar a propagação de doenças por veiculação hídrica.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- i. Propor uma solução para o problema de saneamento do local estudado;
- ii. Apresentar um sistema de biorremediação com eficácia para zonas rurais.

1.2 Justificativa

O saneamento básico tem relevância direta na análise da saúde pública, gerando impacto na qualidade de vida da sociedade. Em Alagoas, a maior concentração populacional encontra-se na zona rural e sem acesso a saneamento básico, devido à desigualdade social. A necessidade de encontrar alternativas para tratar os esgotos domésticos está ligada a falta de tratamento para os efluentes, isso faz com a degradação dos ecossistemas fluviais seja acelerada, modificando a qualidade da água. Com o intuito de sanar o problema de saneamento nessas localidades, surge à implantação de tecnologias para tratar os efluentes com uma maior qualidade, além de respeitar as pessoas e meio ecológico.

A biorremediação vegetal, especificamente a fossa verde, é alternativa eficaz para beneficiar a população com qualidade de vida e saúde, trata-se de uma técnica para tratar os esgotos com eficiência e baixo custo, viabilizando o acesso a população de baixo padrão social, além de reduzir a quantidade de esgotos a céu aberto, promover uma proposta de plantio e reduzir as doenças.

O saneamento básico garante a salubridade ambiental e os aspectos necessários para vivência em sociedade, está diretamente ligado à saúde pública e por isso a importância de propor um sistema para solucionar a situação de águas cinza no povoado Peba, em Delmiro Gouveia-AL.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Os Problemas de saneamento básico e seus impactos.

O saneamento básico é baseado em um conjunto de ações socioeconômicas, visando proteger e melhorar as condições de vida das pessoas por meio de implantação de serviços e infraestruturas. De modo geral, os municípios brasileiros apresentam dificuldades na área de saneamento e isso contribui para proliferação de várias doenças (PHILIPPI, 2004).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define o saneamento como o controle dos fatores do meio físico do homem exercendo ou podendo exercer consequências sobre o bem estar mental, social e físico. Diante disso, entende-se que o saneamento são ações sobre o meio ambiente visando alcançar a salubridade ambiental, promovendo a saúde e melhoria de vida da população (MARCELINI, 2015).

Salubridade ambiental pode ser entendida como estado de rigidez em que a população urbana e rural está inserida, referindo-se tanto a capacidade de prevenção ou inibição da ocorrência de endemias ou epidemias ligadas ao meio ambiente, como também, as condições mesológicas favoráveis a saúde e bem estar (MARCELINI, 2015).

No século passado os investimentos em saneamento básico no Brasil ocorreram em períodos definidos, destacando as décadas de 1970 e 1980, período que existiu uma ideia de que o avanço nas áreas de abastecimento de água e esgotamento sanitário nos países em desenvolvimento auxiliaria na redução das taxas de mortalidade. Os incrementos dos índices de atendimento por sistemas de abastecimento de água foram enfatizados nesse período com a consolidação do Plano Nacional de Saneamento (PLANASA), mas de maneira contrária não existiu contribuição para reduzir o déficit de coleta e tratamento de esgoto (BORJA, 2014).

O governo precisa dar maior atenção ao setor e investir em soluções, porém esse investimento deve promover melhoria da qualidade da água e dos índices de saúde pública. Além disso, precisa atender os mínimos padrões de qualidade, de acordo com as legislações específicas, garantindo a sustentabilidade dos mesmos. As principais legislações que representam a área de saneamento estão presentes na lei nº11. 445/2007, estabelecendo diretrizes nacionais e a lei nº 9.433/1997 que refere-se à Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (MARCELINI, 2015). A lei nº 11.445/2007 foi recentemente alterada/complementada pela lei nº 14.026 de 2020 que, dentre outras disposições, atualiza o marco legal do saneamento

A Lei nº 11.445/2007 da Política Nacional de Saneamento Básico, também estabelece que cada município deve elaborar um Plano Municipal de Saneamento Básico, servindo como base de planejamento para a prestação dos serviços públicos do setor. Além disso, determina as obrigações do titular, as condições para delegação dos serviços e as relações entre o titular e os prestadores de serviço (BORJA, 2014).

O saneamento é composto por abastecimento de água potável, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais e esgotamento sanitário. Todas essas ações são designadas pela legislação vigente, citada anteriormente. A falta de saneamento reflete na longevidade da população, pois tem consequências imediatas sobre a qualidade de vida e saúde da população, além de impactar diretamente nas atividades econômicas ligadas as boas condições ambientais para o seu pleno exercício (BORJA, 2014).

A constituição de 1988 prevê os serviços de saneamento no Brasil pertencendo aos municípios, esses podem prestá-los de forma direta ou designar empresas públicas ou privadas, nesse caso o governo deve acompanhar e fiscalizar os serviços prestados (BRASIL, 1988).

De acordo com o diagnóstico dos serviços de água e esgotos, realizado em 2015 pelo ministério das cidades, o Brasil atende 83,3% com água potável e 50,3% com coleta de esgotos, sendo que os melhores resultados encontram-se nas áreas urbanas. As taxas de tratamento de esgotos, em todo território brasileiro, são de 42,7% para esgotos tratados. (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

A situação apresenta resultados poucos satisfatórios quando analisamos a região do Nordeste (tabela 1) de forma isolada, pois os índices para esta área compreendem 73,4% para abastecimento de água total e um índice de 24,7% para esgotamento sanitário total (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2017).

Tabela 1 - Níveis de atendimento com águas e esgotos em 2015.

Região	Índice de atendimento com rede (%)		Índice de tratamento de esgotos (%)			
	Água		Coleta de esgotos		Esgotos tratados	Esgotos coletados
	Total	Urbano	Total	Urbano	Total	Urbano
Norte	56,9	69,2	8,7	11,2	16,4	83,9
Nordeste	73,4	89,6	24,7	32,2	32,1	78,5
Sudeste	91,2	96,1	77,2	81,9	47,4	67,8
Sul	89,4	98,1	41,0	47,5	41,4	94,3
Centro-oeste	89,6	97,4	49,6	54,7	50,2	92,6
Brasil	83,3	93,1	50,3	58,0	42,7	74,0

Fonte: Ministério das Cidades (2017)

Se utilizarmos números absolutos (tabela 2), no país, tem 164,8 milhões de habitantes atendidos com água potável, mas de contrapartida 33 milhões com carência de água. Analisando a coleta de esgoto a situação é ainda mais crítica e chega a 98,4 milhões de pessoas com déficit desses serviços e 99,4 milhões que são contemplados (IBGE, 2016).

Tabela 2 - População com acesso e déficit de saneamento em 2015.

Região	População	População com acesso a:		Déficit de saneamento	
		Água tratada	Coleta de esgoto	Água tratada	Coleta de esgoto
Norte	14.928.290	8.493.467	1.292.759	6.434.823	13.635.531
Nordeste	54.332.889	39.854.890	13.410.317	14.477.999	40.922.572
Sudeste	84.838.397	77.339.409	65.518.063	7.498.988	19.320.334
Sul	28.763.871	25.710.096	11.801.539	3.053.775	16.962.332
Centro-oeste	14.928.270	13.367.371	7.402.980	1.560.539	7.525.290
Brasil	197.791.717	164.765.593	99.425.658	33.026.124	98.366.059

Fonte: Instituto Trata Brasil (2017)

O saneamento ainda não abrange toda população brasileira e as cidades com economia baixa são mais propícias a falta de saneamento, facilitando assim o grande número de doenças de veiculação hídrica e aumento no número de epidemias e mortalidade (GUERRA et al., 2014).

A Agenda 21 desenvolvida pela Conferência sobre Desenvolvimento e Ambiente, em 1992, cita que 80% das doenças tem origem hídrica. Um ambiente saudável precisa de alguns pressupostos básicos que garantem qualidade de vida e preservação do meio ambiente, sendo um desses a coleta e tratamento de resíduos domésticos. Rios poluídos e contaminados,

disseminação de doenças transmissíveis, mau cheiro, degradação do meio ambiente, baixo nível da qualidade de vida são ocasionados pela falta de saneamento (MARCELINI, 2015).

As doenças ocasionadas pela falta de saneamento e consequentemente uma baixa qualidade da água são decorrentes das ausências de destinação adequada dos esgotos, como também dos resíduos sólidos, além da falta de educação ambiental e ausência de uma drenagem das águas pluviais.

A lei nº 11.445/2007 trouxe alterações que abrange um novo marco e aborda de maneira direta as condições estruturais do saneamento básico. As mudanças visam articular políticas públicas, proteção ambiental e a saúde, como também utilização de tecnologias apropriadas. As mudanças também visam uma seleção competitiva dos prestadores dos serviços de saneamento, onde as empresas devem fornecer serviços para os municípios com menos capacidade técnica e financeira de ser atendidos, o que gera um incentivo para investir no saneamento básico (PHILIPPI, 2004).

As iniciativas no setor de saneamento visam reduzir as doenças de veiculação hídrica, já que a água pode ser capaz de veicular uma diversidade considerável de enfermidade, logo é necessário enfatizar a importância das ações de saneamento básico para estruturação e monitoramento das coletas, disponibilização de água e esgotamento sanitário (PHILIPPI, 2004).

3. BIORREMEDIAÇÃO

O meio ambiente com o passar dos anos vem sendo uma das questões mais relevantes socialmente, sendo foco de muitos debates e discussões a fim de encontrar técnicas que auxiliem na remoção ou redução de poluentes nas áreas que são contaminadas. Visando o bem estar do meio ambiente algumas técnicas de monitoramento e tratamento vem sendo estudadas, principalmente técnicas que utilizam organismos biológicos para melhorar o processo. A técnica de tratamento de áreas contaminadas através da ação de agentes biológicos como microorganismos e plantas se denomina biorremediação (SILVEIRA; TATTO; MANDAI, 2016).

O uso da biorremediação surgiu a partir da investigação da degradação dos hidrocarbonetos no ambiente natural identificando microorganismos capazes de utilizar os hidrocarbonetos como fonte de energia e de carbono, podendo assim ser definida como processo natural onde esses microorganismos degradam os contaminantes ambientais em

formas com teor de toxicidade menor. Esse método consiste na restauração do ambiente contaminado, acelerando o processo de degradação natural de determinadas substâncias do meio ambiente e condicionadas a alguns fatores ambientais como temperatura, nutrientes, pH e presença de oxigênio (GUERRA et al., 2014).

Os microorganismos presentes no subsolo são estimulados de modo a degradar os contaminantes do local, obtendo como resultado final a conversão dos resíduos orgânicos em biomassa e alguns subprodutos do metabolismo microbiano como CO₂, CH₄ e sais orgânicos (SILVEIRA; TATTO; MANDAI, 2016).

Há uma grande variação de poluentes ambientais e a necessidade de tratamento de áreas contaminadas faz se necessário, em decorrência disso a biotecnologia busca o desenvolvimento de tecnologias que recuperem e tratem recursos ambientais, buscando compreender os organismos biológicos e suas funções específicas que removem, reduzem ou transformam determinados contaminantes (MORAIS FILHO; CORIOLANO, 2016).

Os efluentes quando não tratados são lançados diretamente no meio ambiente e compromete de forma grave a saúde pública e os recursos naturais, mas atualmente a consciência para o tratamento de águas residuais tem aumentado e assume um papel de grande importância no combate a poluição das águas de superfície e submersas, como também melhoria da saúde pública. Com isso surgiram pesquisas que indicam o tratamento de biorremediação com uma alta eficiência de remoção de matéria orgânica além de ter uma operação e construção de baixo custo (OLIVEIRA NETTO, 2012).

A biorremediação é considerada como um processo no qual os organismos vivos são utilizados para remover poluentes do ambiente. A tecnologia configura uma alternativa satisfatória para a zona rural de Alagoas, de modo que gere como consequência a melhoria da qualidade e saúde de todos os beneficiados, com tratamento correto do efluente, além de possuir baixo custo de implantação, reduzindo assim a probabilidade de doenças relacionadas a esgoto a céu aberto (OLIVEIRA NETTO, 2015).

A problemática com esgotos domiciliares que prejudicam a saúde coletiva da comunidade, como também o meio ambiente vem sendo enfrentada com uma tecnologia social que está se tornando alternativa viável, principalmente, nas zonas rurais. A biorremediação vegetal, por meio da fossa verde, visa superar o déficit de atendimento da coleta e tratamento do esgoto combinando uma destinação adequada dos efluentes com baixos

custos. Além de ser uma alternativa para destinação do esgoto doméstico possibilita o cultivo de algumas espécies frutíferas (MORAIS FILHO; CORIOLANO, 2016).

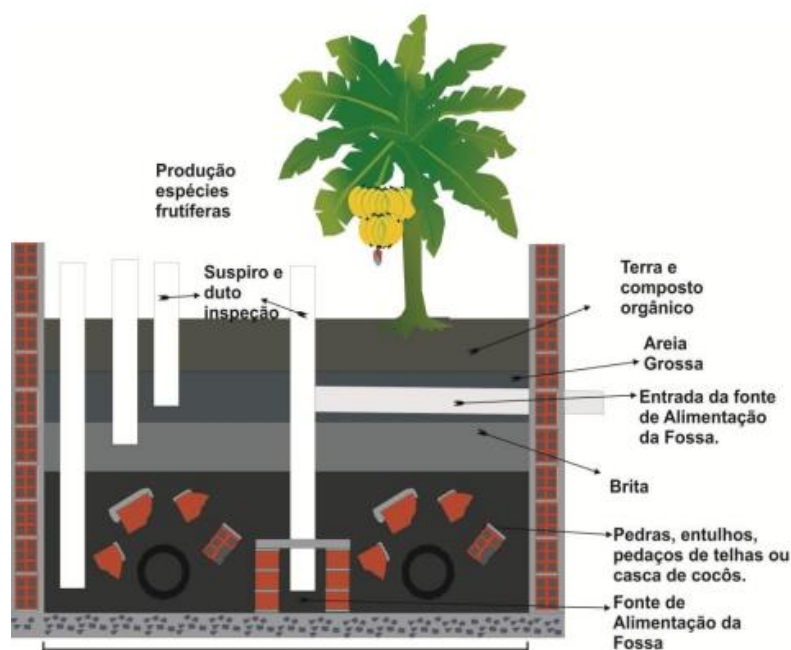
3.1 Fossa Verde

Canteiro biossépico ou fossa verde é um sistema de tratamento de esgoto que foi desenvolvido pelo norte-americano Tom Watson e que chegou ao Brasil no início dos anos 2000 através de experiências no Sul, sudeste e centro-oeste do país, onde foi aperfeiçoado.

Na fossa verde acontece a digestão anaeróbia do esgoto. As bactérias vivem e se multiplicam no esgoto, se alimentando dele e transformando-o. Estas bactérias se alojam nas camadas de entulho, brita e areia, e tratam o esgoto à medida que ele sobe pelo sistema. As plantas também são fundamentais no sistema, pois são elas que se aproveitam da água que vem com a descarga e do “adubo” produzido pelos habitantes.

A sua concepção consiste em uma vala de alvenaria impermeabilizada e com dimensões variáveis. Sua estrutura interna possui forma câmara onde os blocos cerâmicos são alocados deitados em camadas determinadas com os furos abertos para a superfície preenchida com material filtrante, como mostra a figura 1. O tratamento ocorre em fluxo ascendente, permitindo assim o contato entre os sólidos orgânicos e o material suporte (GUERRA et al., 2014).

Figura 1 - Esquema do canteiro biossépico



Fonte: OLIVEIRA NETTO et al. (2015)

A fossa verde traz um tratamento eficaz do efluente e também tem um custo acessível, os sistemas já implantados proporcionam uma qualidade de vida para todos os beneficiados, a instalação da fossa auxilia na redução de doenças causadas pela falta de saneamento e ainda possibilita o plantio de espécies vegetais. No Ceará existem implantações de fossas ecológicas que auxiliaram no quadro grave de saúde com doenças relacionadas à veiculação hídrica e comprovando além da eficácia, a praticidade e o baixo custo de instalação. No município de Icapuí, litoral cearense, o Instituto Terra Mar executou um projeto de fossa verde beneficiando várias famílias com o tratamento dos esgotos domiciliares (SILVA; OLIVEIRA NETTO, 2014). Em Madalena, também município do Ceará, as implantações beneficiam 586 famílias que sofriam a falta de saneamento e beneficiando as comunidades com a promoção da saúde pública, ausência de odores e proteção recursos naturais. Outros municípios cearenses como São Gonçalo do Amarante e Tauá, fazem uso de sistemas de fossa verde em áreas rurais (GAMEIRO, 2019).

As fossas verdes enquadram-se no sistema de tratamento individual, normalmente atendendo unidades unifamiliares. Devido à crescente aceitação da população por essa tecnologia, a transforma como uma alternativa viável para tratamento de esgoto. Os esgotos devem ser tratados por fossas sépticas devidamente executadas, nesta unidade, o esgoto bruto sofre ação das bactérias anaeróbias. Parte da matéria orgânica sólida é convertida em gases, escuma ou em substâncias solúveis, que dissolvidas em líquidos contidos do tanque séptico será lançada o tratamento posterior, enquanto sólidos sedimentáveis depositam no fundo da fossa formando o lodo. Em seguida fossas verdes ou sumidouros, como alternativa para disposição final, classificando a alternativa como prática de biorremediação (GAMEIRO, 2019).

As plantas podem aproveitar os compostos nutricionais e as águas provenientes dos esgotos nos sistemas de biorremediação vegetal. A matéria orgânica presente nos dejetos domiciliar é consumida na digestão anaeróbia, junto com o funcionamento do tanque séptico e a água é evapotranspirada (MOREIRA, 2008).

Em Alagoas, nos municípios do sertão, existem sistemas de fossa verde em funcionamento, mas antes da instalação o quadro era grave, pois 33% das famílias despejavam seus esgotos a céu aberto e 67% eram destinadas para fossa negra, as comunidades de Água Branca, Pariconha e Mata Grande obtiveram a instalação de fossas verdes que permitiram a redução de contaminação do solo, tratamento dos esgotos domésticos

e evitando a eutrofização, causada pela água residuária doméstica cinza ou negra quando em contato com os corpos hídricos (OLIVEIRA NETTO et al., 2015).

Devido à rigidez apresentada a respeito das questões ambientais que traz benefícios a todos os moradores de uma cidade, e visando a preservação de uma vida mais saudável, evitando a degradação ambiental, o sistema de biorremediação visa o minimizar os impactos gerados pela geração de efluentes domésticos na região.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Visão Geral

Em regiões interioranas nem sempre os sistemas de esgotamento sanitário são interligados em rede coletora para um tratamento e destino final adequado. No município de Delmiro Gouveia, os serviços de saneamento básico ainda não são uma realidade, não há rede coletora de esgotos e tratamento coletivo para os efluentes domésticos, adotando assim soluções individuais de tratamento dos esgotos.

O povoado Peba situa-se na zona rural do município de Delmiro Gouveia e atualmente possui 186 habitantes, sua economia se classifica devido à classe social de baixa renda. O povoado não dispõe de rede pública de esgotos, sendo necessária neste caso a implantação de um sistema independente de coleta, tratamento e destinação final dos esgotos produzidos na comunidade.

O sistema de tratamento foi dimensionado seguindo as peculiaridades da localidade e de acordo com a ABNT-NBR 7229/1993, que trata das exigências de construção e operação de sistemas de tanques sépticos, também abordando o tratamento e disposição de efluentes, visando preservar a saúde pública e ambiental dos habitantes de áreas servidas por estes sistemas. A biorremediação será localizada na Comunidade do Peba, Zona Rural, Delmiro Gouveia, Alagoas, como mostra a Figura 2.

Figura 2 - Localização do sistema



Fonte: Autor (2021)

No local em estudo, os esgotos serão tratados por fossas sépticas, que devem ser devidamente executadas, e serem seguidas por fossas verdes, como alternativas para disposição final, visando atender o problema de lançamento de esgotos a céu aberto, figura 3.

Figura 3 – Disposição atual dos esgotos domiciliares do povoado Peba.



Fonte: AUTOR (2021)

4.2 Projeção populacional

Os principais métodos utilizados para as projeções populacionais são: crescimento aritmético, crescimento geométrica, regressão multiplicativa, taxa decrescente de crescimento, curva logística, comparação gráfica entre cidades similares, previsão com base nos empregos, método da razão e correlação (TSUTIYA, 2004).

Os resultados da projeção populacional devem ser coerentes com a densidade populacional da área em questão (atual/futura ou de saturação). Os dados de densidade populacional são úteis no cômputo das vazões e cargas advindas de determinada área ou bacia da cidade.

Para o projeto do povoado Peba, serão utilizados os três métodos, tabela 3, recomendados para cálculos de projeção populacional, são eles: projeção aritmética, geométrica e curva logística. O dimensionamento será para uma estimativa populacional de 20 anos.

Tabela 3 - Métodos de projeção populacional

Método	Descrição	Taxa de crescimento
Projeção aritmética	Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.	$\frac{dP}{dT} = Ka$
Projeção geométrica	Crescimento populacional função da população existente a cada instante. Utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.	$\frac{dP}{dT} = Kg \cdot P$
Crescimento logístico	O crescimento populacional segue uma relação matemática, que estabelece uma curva em forma de S. A população tende assintoticamente a um valor de saturação. Os parâmetros podem ser também estimados por regressão não linear. Condições necessárias: $P_0 < P_1$	$\frac{dP}{dT} = K_1 \cdot P \cdot \frac{P_s - P}{P_s}$

Fonte: TSUTIYA (2004)

Para a realização da estimativa, utilizaram-se dados de população dos anos de 2011, 2016 e 2021, como mostra a Tabela 4. Os dados populacionais foram obtidos através do método de interpolação, a partir do dado atual e com intervalos de cinco (5) anos.

Tabela 4 - Dados populacionais

ANO	HABITANTES	CASAS
t1 -2011	P1 -24	7
t2 -2016	P2- 105	28
t3 -2021	P3 -186	50
t= 2041 (Projeção 20 anos)		

Fonte: Autor (2021)

- Método Aritmético:

Pelo método Aritmético temos,

$$Pt = P1 + Ka * (t - t1)$$

$$Ka = \frac{P3 - P2}{t3 - t2}$$

Onde,

- Ka = Taxa de crescimento anual;
- P3 = População no último censo considerado (habitantes);
- P2 = População no penúltimo censo considerado (habitantes);
- P1 = População no antepenúltimo censo considerado (habitantes);
- t = Ano da projeção;
- t3 = Ano do último censo considerado;
- t2 = Ano do penúltimo censo considerado; e,
- t1 = Ano do antepenúltimo censo considerado.

- Método Geométrico

Pelo método Geométrico temos,

$$P_t = P_3 * e^{Kg*(t-t_3)}$$

$$Kg = \frac{\ln P_3 - \ln P_2}{t_3 - t_2}$$

Onde:

- Kg = Taxa de crescimento geométrico;
- P3 = População no último censo considerado (habitantes);
- P2 = População no penúltimo censo considerado (habitantes);
- t = Ano da projeção;
- t3 = Ano do último censo considerado; e,
- t2 = Ano do penúltimo censo considerado

- Curva Logística

Pelo método de Curva Logística temos,

$$P_t = \frac{P_s}{1 + c * e^{k_1*(t-t_1)}}$$

$$P_s = \frac{2 * P_1 * P_2 * P_3 - P_2^2 * (P_1 + P_3)}{P_1 * P_3 - P_2^2}$$

$$c = \frac{P_s - P_1}{P_1}$$

$$K_1 = \frac{1}{t_3 - t_2} * \ln \left[\frac{P_1 * (P_s - P_2)}{P_2 * (P_s - P_1)} \right]$$

Onde:

- K1 = Taxa de crescimento populacional;
- Ps = População de Saturação;
- c = coeficiente de crescimento;
- P3 = População no último censo considerado (habitantes);
- P2 = População no penúltimo censo considerado (habitantes);
- P1 = População no antepenúltimo censo considerado (habitantes);
- t = Ano da projeção;
- t3 = Ano do último censo considerado;
- t2 = Ano do penúltimo censo considerado; e,
- t1 = Ano do antepenúltimo censo considerado

4.3 Dimensionamento Tanque Séptico

Segundo a Norma Regulamentadora 7229/93, os tanques sépticos são unidades cilíndricas ou prismáticas retangulares de fluxo horizontal, que possui como finalidade tratar esgotos por meio de processos de sedimentação, flotação e digestão.

Com relação a sua infraestrutura, o tanque possuirá o piso concretado e suas laterais de alvenaria toda revestida. Como haverá aplicação do reboco, não há necessidade de o tanque ser concretado. Com isso, há a diminuição dos gastos com as armaduras de aço.

Para dimensionar o tanque séptico seguiremos as especificações da norma. Iniciamos o dimensionamento com o cálculo do volume útil total, que está expresso na equação abaixo.

✓ Volume útil:

$$V = 1000 + N * (Ct * Klf)$$

Onde,

- V = Volume útil, em litros
- N = Número de pessoas ou unidade de contribuição
- C = Contribuição de despejos (litro/pessoa/dia)
- T = Período de detenção, em dias
- Lf = Contribuição de lodo fresco, em (litro/pessoa/dia)
- K = Taxa de acumulação de lodo, em dias

Cada parâmetro é definido de acordo com a realidade de cada projeto. Para definir a contribuição *per capita* da população utiliza-se a tabela 5, apresentada abaixo.

Tabela 5 - Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (Lf) por tipo de prédio e de ocupante

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

Fonte: NBR7229 (1993)

Para definir o período de detenção, em dias, utiliza-se a tabela 6, apresentada abaixo.

Tabela 6 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

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

Fonte: NBR7229 (1993)

Para definir a taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação do lodo fresco, utiliza-se a tabela 7, apresentada abaixo.

Tabela 7 – Taxa de acumulação total de lodo (K), em dias, por intervalo entre limpezas e temperatura do mês mais frio

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

Fonte: NBR7229 (1993)

Os tanques sépticos podem ser cilíndricos ou prismáticos retangulares e devem atender a medidas internas mínimas. O diâmetro interno mínimo deve ser 1,10m, a largura interna mínima igual a 0,80m e a relação comprimento/largura (para tanques prismáticos retangulares) de no mínimo 2:1 e máximo 4:1. Os tanques cilíndricos são empregados em situações onde se pretende minimizar a área útil, os prismáticos nos casos em que se deseja maior área

horizontal (NBR7229/1993). Definido os parâmetros e calculado o volume utiliza-se da fórmula abaixo para encontrar a área do tanque desejado.

$$V_{tanque} = Ab \cdot Hu$$

Onde,

- Ab = Área da base do tanque;
- Hu = Profundidade útil do tanque

A profundidade útil irá variar entre os valores mínimos e máximos recomendados na Tabela 8, de acordo como volume útil obtido.

Tabela 8 - Profundidade útil mínima e máxima, por faixa de volume útil

Volume útil (m³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: NBR7229 (1993)

Caso seja necessário utilizar a relação comprimento/largura utilizamos a fórmula abaixo para encontrar a proporção a ser usada, seguindo os limites definidos em norma e citados anteriormente.

$$L = \left(\frac{Ab}{X} \right)^{0,5}$$

4.4 Dimensionamento Fossa Verde

A fossa verde é projetada seguindo as mesmas orientações do tanque séptico, consiste em uma vala de alvenaria impermeabilizada. A fossa possui camadas com materiais filtrantes e no fundo uma câmara de tijolos furados para onde o esgoto deve ser direcionado. O processo biológico na câmara decompõe a matéria orgânica. Para concluir o tratamento a água proveniente dos esgotos é direcionada para superfície, onde com o auxílio das espécies vegetais, que serão implantadas, é evapotranspirada. Para facilitar manutenção e saída do biogás são instalados suspiros na câmara e em todas as camadas da fossa verde.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A instalação do tanque séptico, seguido da fossa verde é proposta com intuito de receber os esgotos despejados a céu aberto, no povoado Pebá, zona rural. Assim, segue o dimensionamento do sistema para a implantação das unidades nas comunidades e visando beneficiar as famílias. Para o cálculo de projeção populacional, utilizando os três métodos, temos que:

Pelo método Aritmético temos,

$$Ka = \frac{186 - 105}{2021 - 2016} = 16,2$$

$$Pt = 24 + 16,2 * (2041 - 2011) = 510 \text{ pessoas.}$$

Utilizando os dados da população do ano de 2016 e 2021, obteve-se uma taxa anual de 16,2. Encontrando a taxa, utilizamos os dados de 2021 e encontramos uma estimativa populacional de 510 habitantes para o ano de 2041.

Pelo método Geométrico temos,

$$Kg = \frac{\ln 186 - \ln 105}{2021 - 2016} = 0,114$$

$$Pt = 186 * e^{0,114*(2041-2021)}$$

$$Pt = 186 * e^{2,28}$$

$$Pt = 1.818,46 = 1819 \text{ pessoas}$$

Utilizando os dados da população do ano de 2016 e 2021, obteve-se uma taxa anual de 0,144. Encontrando a taxa, utilizamos os dados de 2021 e encontramos uma estimativa populacional de 1819 habitantes para o ano de 2041.

Pelo método de Curva Logística temos,

$$Ps = \frac{2 * 24 * 105 * 186 - 105^2 * (24 + 186)}{24 * 186 - 105^2}$$

$$Ps = \frac{937440 - 11025 * (210)}{4464 - 11025}$$

$$Ps = \frac{-1377810}{-6561} = 210$$

$$c = \frac{210 - 24}{24} = 7,75$$

$$K1 = \frac{1}{2021 - 2016} * \ln \left[\frac{24 * (210 - 105)}{105 * (210 - 24)} \right]$$

$$K1 = \frac{1}{5} * \ln \left[\frac{2520}{19530} \right] = -0,41$$

$$Pt = \frac{210}{1 + 7,75 * e^{(-0,41)*(2041-2011)}}$$

$$Pt = \frac{210}{1 + 7,75 * e^{(-0,41)*(2041-2011)}} = 210 \text{ pessoas}$$

Utilizando os dados da população do ano de 2016 e 2021, obteve-se um K1 de -0,41 e um c de 7,75. Encontrando as taxas, utilizamos os dados de 2021 e encontramos uma estimativa populacional de 210 habitantes para o ano de 2041.

Como os resultados das projeções não possuíam valores aproximados entre si, foi calculada a taxa de crescimento com os dados populacionais dispostos, tabela 4, utilizando-a para se obter um dado mais próximo aos outros métodos e utilizando para corrigir a dispersão da projeção geométrica e posteriormente realizando o cálculo da estimativa através da média de todos os métodos utilizados.

Assim,

$$r = \left[\sqrt[5]{\frac{P3}{P2}} - 1 \right] * 100\%$$

$$r = \left[\sqrt[5]{\frac{186}{105}} - 1 \right] * 100\% = 12,11 \%$$

Utilizando os dados do ano de 2021, temos

$$Pt = 186 * \frac{12,11}{100} = 22,5246 \text{ (A cada 5 anos)}$$

$$Pt = 22,5246 * 4 \text{ intervalos} = 90,0984 \cong 90,1$$

Como o projeto foi dimensionado para 20 anos, teremos 4 intervalos. Assim,

$$Pt = 186 + 90,1 = 277 \text{ habitantes}$$

Calculando média, temos

$$Méd = \frac{277 + 210 + 510}{3} = 333 \text{ habitantes}$$

Para o tanque séptico esse projeto, adotou-se que a contribuição per capita da população foi de 100L/hab·dia e a taxa de contribuição de lodo fresco, adotou-se 1 L/dia, assim como determinado na NBR 7229/93, pois se tratam de residências com padrão baixo.

Foi calculada a contribuição diária para poder determinar o tempo de detenção, assim:

$$333 \text{ habitantes} \cdot \frac{100L}{\text{dia}} = 33.300 \text{ L/dia}$$

Assim a vazão de esgoto gerada é de 33.300 L/dia e o tempo de detenção foi adotado 0,5 dias. A contribuição de lodo fresco, 1 L/dia, a manutenção do tanque que foi definida para 1 ano e a temperatura do mês mais frio, $t \leq 20$, apresentada na tabela 9, definiram a taxa de acumulação de lodo de $K=65$.

Tabela 9 – Temperaturas em Delmiro Gouveia - AL

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temp. média (°C)	27.6	27.5	27.6	26.8	25.2	23.7	22.8	23.1	24.6	26.3	27.6	27.9
Temp. mínima (°C)	22.9	23.1	23.1	22.7	21.8	20.6	19.7	19.3	20.1	21.4	22.3	22.9
Temp. máxima (°C)	33.5	33.2	33.2	32	29.9	28	27.2	28.1	30.4	32.5	34	34

Fonte: CLIMATE-DATA (2021)

Com todos os parâmetros definidos, segue o dimensionamento do tanque.

✓ Volume útil:

$$V = 1000 + N * (Ct * Klf)$$

Onde,

- V = Volume útil, em litros
- N = Número de pessoas ou unidade de contribuição
- C = Contribuição de despejos (litro/pessoa/dia)
- T = Período de detenção, em dias
- Lf = Contribuição de lodo fresco, em (litro/pessoa/dia)
- K = Taxa de acumulação de lodo, em dias

$$V = 1000 + 333 * (100 * 0,5 + 65 * 1) * \frac{1}{100} = 39.295 \text{ L ou } 39,295 \text{ m}^3$$

Assim, obteve-se um volume útil de 39.295 L ou 39,295 m³.

✓ Volume do tanque:

$$V_{tanque} = Ab * Hu$$

Atendendo aos parâmetros impostos pela NBR 7229/93, adota-se como 1,80 m profundidade mínima e 2,80 m como profundidade máxima. Para o dimensionamento do tanque, utilizou-se a máxima para reduzir as dimensões e adequar o projeto ao terreno. Logo,

$$39,295 = Ab * 2,80$$

$$Ab = 14,034 \text{ m}^2$$

Foi encontrada uma área de aproximadamente 14,034 m². Com isso, o Lmín, de acordo com a NRB, foi de 0,8m. Para adequar o projeto ao terreno, utilizou-se a proporção 3:1 para dimensionar o comprimento (C) e a largura (L) do tanque. Assim, sabendo que x é proporção, temos que,

$$L = \left(\frac{Ab}{x} \right)^{0,5}$$

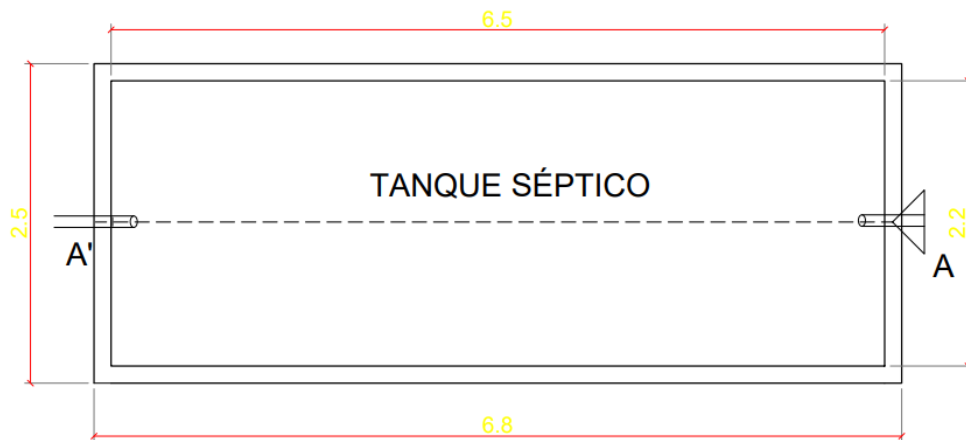
$$L = \left(\frac{14,034}{3/1} \right)^{0,5} = 2,163 \text{ m} \cong 2,20 \text{ m}$$

$$C = \frac{Ab}{L}$$

$$C = \frac{14,034}{2,163} = 6,488 \text{ m} \cong 6,5 \text{ m}$$

As figuras 4 e 5 apresentam as representações gráficas do dimensionamento realizado.

Figura 4 – Planta baixa do tanque séptico



Fonte: AUTOR (2021)

Figura 5 – Corte do tanque séptico



Fonte: AUTOR (2021)

A fossa verde foi projetada no formato prismático, com três camadas. A camada inicial será composta por materiais grosseiros como entulho e pneus triturados. A segunda será composta com materiais mais finos: casca de coco, entulho. A terceira, por fim, será composta por solo para que sejam plantados as bananeiras e os mamoeiros.

Com relação a sua infraestrutura, assim como o tanque, a fossa verde também possuirá seu piso de concreto, porém ao redor só será colocada alvenaria, para que o líquido possa percolar no solo. Para a fossa verde o dimensionamento segue os tanques sépticos baseados na NBR 7229/93. Como usaremos os mesmos dados de habitantes, a contribuição per capita da população de 100L/hab·dia, a taxa de contribuição de lodo fresco de 1 L/dia, a vazão de esgoto gerada de 33.300 L/dia e o tempo de detenção de 0,5 dias são mantidos. A manutenção da fosse verde foi definida para 5 anos e a temperatura do mês mais frio, já apresentada na

tabela 8 anteriormente, definiram a taxa de acumulação de lodo de $K=225$. Sabendo que o dimensionamento da fossa verde segue os mesmos padrões do tanque séptico, analogamente:

$$V = 1000 + 333 * (100 * 0,5 + 225 * 1) * \frac{1}{100}$$

$$V = 92.575 \text{ L} = 92,575 \text{ m}^3$$

Utilizando a mesma profundidade de 2,80 e calculando com a fórmula de volume do tanque, temos que:

$$92,575 = Ab * 2,80$$

$$Ab = 32,955 \text{ m}^2$$

Foi encontrada uma área de aproximadamente 32,955 m², usando o $L_{\text{mín}} = 0,80\text{m}$ e adequando o projeto ao terreno, utilizou-se a proporção 3:1 para dimensionar o comprimento (C) e a largura (L) do tanque. Assim, sabendo que x é proporção, temos que:

$$L = \left(\frac{Ab}{x} \right)^{0,5}$$

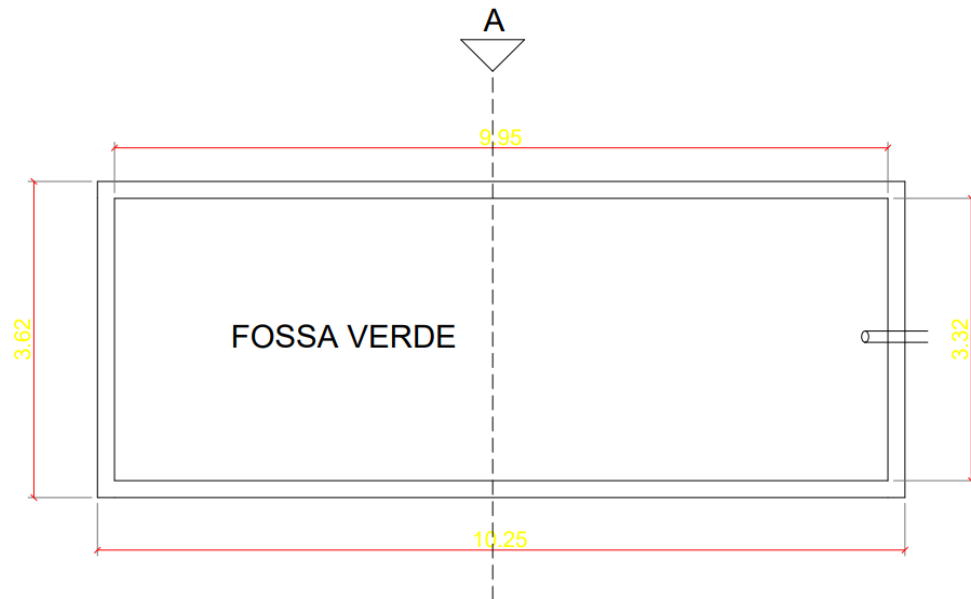
$$L = \left(32,955 / 3/1 \right)^{0,5} = 3,3144\text{m} \cong 3,32 \text{ m}$$

$$C = \frac{Ab}{L}$$

$$C = \frac{32,955}{3,3144} = 9,943\text{m} \cong 9,95\text{m}$$

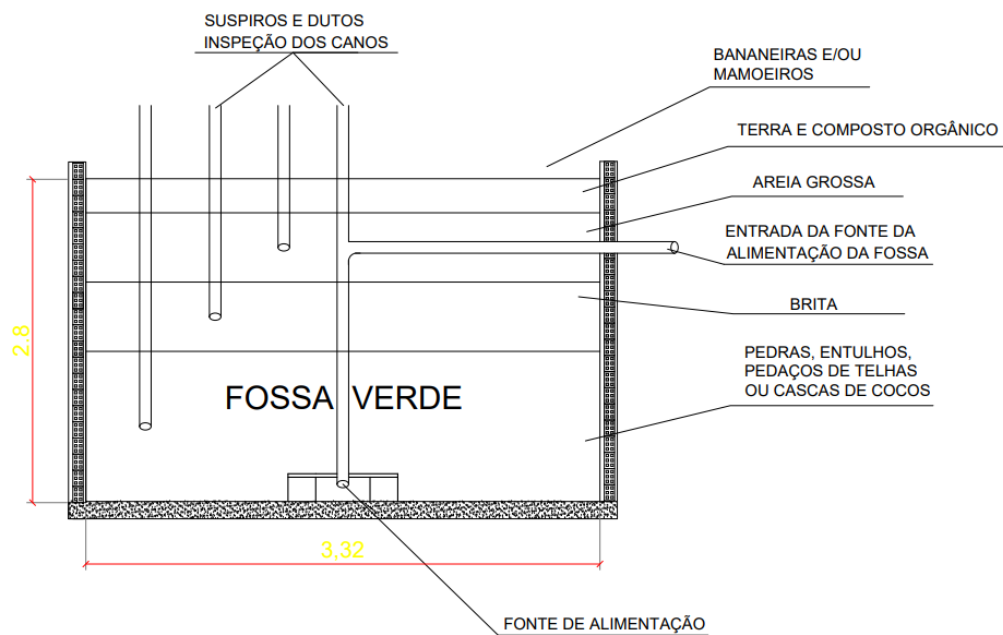
As figuras 6 e 7 apresentam as representações gráficas do dimensionamento realizado.

Figura 6 – Planta baixa da fossa verde



Fonte: AUTOR (2021)

Figura 7 – Corte da fossa verde



Fonte: AUTOR (2021)

O sistema de tratamento sugerido e dimensionado no presente trabalho apresenta-se como alternativa de tratamento, de natureza exclusivamente biológica, de simples implantação e operação. Os sistemas descentralizados de tratamento de resíduos tornam-se opção favorável para povoados afastados dos grandes centros, possibilitando a redução do contato da população com rejeito à céu aberto, favorecendo a manutenção da saúde pública e qualidade de vida dos contemplados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir do trabalho que o sistema de biorremediação vegetal, por meio da Fossa Verde é um dos tratamentos adequados para os efluentes domésticos, evitando o surgimento de doenças, odor e viabilizando o cultivo de plantas frutíferas. O sistema atendeu todas as exigências da NBR 7229/93 e beneficiará a comunidade com um sistema de tratamento eficaz, além de sanar a problemática de esgotos a céu aberto existentes. O dimensionamento ficou dentro da realidade do povoado Pebá, se adequando de forma proporcional ao terreno onde será implantado e beneficiando a população local.

Por fim, trata-se de uma alternativa consciente para a preservação do meio ambiente e promoção a saúde pública, além da praticidade de instalação e do baixo custo, que apesar de não ter sido foco do presente trabalho, pode ser constatado pelo fato do uso de materiais inservíveis como meio filtrante.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, A. M. et al. **Protocolo para biorremediação de águas contaminadas por petróleo e derivados**. e-xacta, v. 7, n. 1, p. 55-63, 2014.

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

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

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal; Centro Gráfico, 1988.

BORJA, P. C. **Política pública de saneamento básico: uma análise da recente experiência brasileira**. Saúde e Sociedade. São Paulo, 2014.

CLIMATE-DATA. **Clima Delmiro Gouveia**: Temperatura, Tempo e Dados climatológicos, 2021. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/alagoas/delmiro-gouveia-42941/>>. Acessado em: 06 de março de 2021.

COELHO C.F; REINHARDT H.; ARAÚJO, J.C. **Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil**. Eng Sanit Ambient, Fortaleza, 2018.

GABIALTI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.

GAMEIRO, N. **Fossas verdes promovem melhoria de saúde no sertão do Ceará**. Ágora Fiocruz, 2019. Disponível em: <<https://agora.fiocruz.br/2019/09/25/fossas-verdes-promovem-melhoria-de-saude-no-sertao-do-ceara/>>. Acessado em: 25 de março de 2021.

GUERRA, L.R; NETTO, A.P.O; SILVA, M.R.P; WANDERLEY, G.F. **Implantação de fossas verdes em comunidades rurais de municípios do alto sertão de alagoas como biorremediação do esgoto domiciliar**. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE, Juiz de Fora - MG, 2014.

IBGE. **Indicadores de Desenvolvimento Sustentável 2015**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016

IBGE. **Informação Demográfica e Socioeconômica**: Síntese de Indicadores Sociais 2015. Uma análise das condições de vida da população brasileira. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios Econômicos e Sociais da Expansão do Saneamento no Brasil**, 2017.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos – 2015**. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2017. Disponível em: < <http://www.snis.gov.br>>. Acesso em: fevereiro de 2021.

MARCELINI, L. **6 anos de acompanhamento do PAC Saneamento**. Trata Brasil. 2015.

MORAIS FILHO, M. C; CORIOLANO, A. C. F. **Biorremediação, uma alternativa na utilização em áreas degradadas pela indústria petrolífera**. HOLOS, Ano 32, Vol. 7, 2016.

MOREIRA, M. C. **Sistemas Urbanos de Esgoto**. Empresa Baiana de Águas e Saneamento. EMBASA, 2008. Disponível em:<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAFsDYAB/apostila-embasa>> Acesso em 07 de abril de 2021.

NETTO, A.P.OLIVEIRA; L.R.M.GUERRA; M.R.P.SILVA; R.F.SILVA. Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar: o caso da fossa verde em comunidades rurais do alto sertão alagoano. **Revista Produção e Desenvolvimento**, v. 1, n. 3, p. 103-113, dez. 2015.

OLIVEIRA NETTO, A. P. et. al. **Utilização da Fossa Verde como Biorremediação do Esgoto Domiciliar no Estado de Alagoas**. IV Seminário Internacional de Engenharia de Saúde. Maceió-AL, 2012.

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

PHILIPPI Jr., A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Coleção Ambiental. Barueri: Ed. Manole, 2004.

SILVA, M.R.P; OLIVEIRA NETTO, A. P. **A utilização de fossas verdes para o saneamento básico e desenvolvimento sustentável no nordeste**. IV SIMPROD - Simpósio de Engenharia de Produção. Delmiro Gouveia- AL, 2014.

SILVEIRA, L. R.; TATTO, J; MANDAI, P. **Biorremediação: considerações gerais e características do processo**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, v. 13, n. 2, p. 32-47, jul./dez. 2016.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.