



UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA - UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA I

BRUNO DA SILVA DE VAZ

**Dimensionamento de estação de tratamento de esgotamento sanitário
individual utilizando o ambiente do Octave**

Salvador - BA
2022

BRUNO DA SILVA DE VAZ

**Dimensionamento de estação de tratamento de esgotamento sanitário
individual utilizando o ambiente do Octave**

Projeto final apresentado como
requisito para avaliação da disci-
plina Informática Aplicada à En-
genharia.

Docente: Robson Marinho

Salvador - BA
2022

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
1.1	Motivações e Justificativas	3
1.2	Objetivo	3
1.3	Metodologia da Pesquisa	4
1.4	Cronograma	4
2	REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1	Tanque séptico	5
2.1.1	Dimensionamento do tanque séptico	5
2.2	Filtro Anaeróbico	6
2.2.1	Dimensionamento de filtro anaeróbico	6
2.3	Sumidouro	6
2.3.1	Dimensionamento de sumidouro	6
3	PROPOSTA DO PROGRAMA	7
3.1	Exemplo de aplicação	8
3.1.1	Resultados e discussões	10
4	SCRIPT	11
5	CONCLUSÃO	12

Resumo

Há diversas maneiras de reduzir os impactos que os efluentes sanitários provocam ao meio ambiente, seja com maneiras mais convencionais seja com maneiras alternativas de tratamento. Então, este trabalho tem como objetivo a redução, de forma generalizada, do despejo de efluente sanitário sem o seu devido tratamento na natureza, principalmente em locais retirados, onde não exista um plano de ação governamental de soluções de esgotamento sanitário. Portanto, este trabalho traz, usando o software Octave, um modelo de cálculo para dimensionamento de um sistema individual de tratamento e disposição final de esgoto sanitário. Além disso, o presente estudo demonstrará o dimensionamento de um sistema individual de tratamento e disposição final de esgotamento sanitário o qual simula a aplicação em lotes situados em Caçador, Santa Catarina, numa residência composta por 6 moradores. A solução adotada consiste em um sistema composto de Tanque Séptico, Filtro anaeróbico e Sumidouro para disposição final.

Palavras-Chave: Saneamento Básico, Octave, Dimensionamento, Tratamento Individual

1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico constitui um sistema de infraestruturas e medidas adotadas pelo governo, a fim de ofertar melhoria de vida da população, inclusive, que tem por diretriz a lei brasileira 11.445 (2007) que compreende o conjunto de sistema de fornecimento de água, captação por redes de esgoto, rede pluvial e tratamento destes a fim de devolver para a natureza de forma neutra para que seja inclusos novamente em seus respectivos ciclos. A ausência de tratamento dos esgotos somado a condições inadequadas de saneamento básico contribuem para a proliferação não somente de bactérias e insetos, mas de doenças infecciosas para o ser humano e poluição do meio ambiente.

De acordo com uma pesquisa realizada pelo Painel Saneamento Brasil (2017) ainda 16,66% da população brasileira não tem acesso a água potável, enquanto 47,6% da população brasileira não tem acesso a coleta de esgoto, e o tratamento desses dejetos a fim de evitar a contaminação do meio ambiente com passar do tempo se evidencia cada vez mais. Diante disso, a insuficiência ou ausência de coleta e tratamento de esgoto causa impactos imensuráveis na sociedade. Portanto, é necessário pensar numa solução, a curto prazo, de acordo com os padrões exigidos pela legislação para o enfrentamento do problema Andrade (2020).

Conforme explanação feita por Neto (1997), não há sistemas de tratamento de esgoto sanitário ruins, pode haver sistema de tratamento sanitário inadequado para aquela aplicação. Deve haver uma busca para uma solução que se adapte às condições locais mesmo com limitações geográficas ou financeiras, conforme legislação vigente, sendo fulcral para o avanço do saneamento básico no Brasil.

1.1 Motivações e Justificativas

A aplicação do recurso tecnológico no estudos sobre soluções individuais de tratamento dos efluentes sanitários são fundamentais para o avanço e a complementação de todo um sistema de saneamento básico no Brasil, pois, devido ao baixo número de acesso a uma infraestrutura mínima de rede coletora de esgoto, lugares menos beneficiados por saneamento básico carece de mecanismos para combater as consequências da atual situação de regiões mais periféricas, como as doenças causadas pela proliferação de insetos e bactérias ou a inexistência do tratamento de água. Com isso, busca-se facilitar o acesso a meios de tratamento individuais que sejam econômicos e de fácil implementação, reduzindo as causas do lançamento indiscriminado de efluentes sanitários não tratados ao meio ambiente, evitando, portanto, a poluição do meio biótico.

1.2 Objetivo

Desenvolvimento de um programa, no ambiente do Octave, um software livre usado em experimento de cálculo matemático computacional, capaz de efetuar o cálculo desenvolvido para um sistema individual de tratamento e disposição de esgotamento sanitário composto por três tanques de tratamento, a saber:

- Fossa séptica;
- Filtro anaeróbico;
- Sumidouro;

1.3 Metodologia da Pesquisa

A metodologia de pesquisa aplicada no presente artigo, constitui-se de levantamento bibliográfico a respeito do uso e aplicação do sistema individual de tratamento de esgoto e aprofundamento teórico sobre as principais causas da ausência de infraestrutura do saneamento básico no Brasil, com isso foi desenvolvido no ambiente do Octave, com formas de implementação de sistemas complementares, como o sumidouro, que, somado a um tanque séptico, realiza o tratamento dos efluentes produzidos por uma residência uni e plurifamiliar. Em seguida, com base nas informações obtidas, foi estudado a implementação de um sistema de dimensionamento de sumidouro, através do software Octave e exposto uma situação, como exemplo, para exemplificar o seu funcionamento e aplicabilidade.

1.4 Cronograma

O cronograma utilizado para o desenvolvimento do projeto segue apresentado na figura 1

Estudo de soluções individuais para regiões com sistema de esgotamento sanitário precário												
Mês	Abril				Maio				Junho			
Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Organização do Trello	x											
Objetivo		x	x									
Cronograma			x	x								
Revisão bibliográfica				x	x							
Metodologia	x	x	x	x	x	x						
Levantamento de dados		x	x	x	x	x	x					
Aplicação da metodologia utilizando o Octave			x	x	x	x	x					
Parte escrita do pré-projeto no Overleaf				x	x	x	x	x	x	x	x	x
Desenvolver apresentação do Overleaf	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Apresentação pré-projeto						x	x	x				
Prova								x				
Finalização do projeto									x	x	x	x
Apresentação do projeto final									x	x	x	x

Figura 1: Cronograma

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Conforme Jordão (2005), os esgotos domésticos são compostos essencialmente de água (98%) coexistindo com está, sólidos em suspensão, metais, organismos patogênicos entre outras substâncias dissolvidas.

Esse esgoto produzido diariamente tem um potencial poluidor enorme, causando danos caso não tratado causando uma proliferação de vetores transmissores de diversas doenças. Também é possível observar problemas ambientais muito comuns nos dias atuais que é o assoreamento dos rios o qual é um dos responsáveis por alagamentos em regiões próximas de rios assoreados e também a eutrofização de lagoas prejudicando a vida marinha (Jordão, 2005).

A NBR13969 (1997) define um sistema de tratamento individual como a estação de tratamento e disposição final próximas entre si e da fonte geradora, dispensando o uso de

infraestrutura robusta como, por exemplo a utilizada em sistemas de tratamento convencional com rede coletora extensa, poços de visita, estações elevatórias entre outros sistemas que compõem o tratamento convencional.



Figura 2: Sistema individual

A figura 2 apresenta um esquema geral das alternativas, via tanque séptico, que são recomendados na NBR13969 (1997) para tratamento e disposição de efluentes utilizando um sistema individual.

2.1 Tanque séptico

Devido ao crescimento acelerado da população no Brasil, os serviços públicos competentes pelo saneamento básico não têm demonstrado capacidade de acompanhar esse crescimento. Portanto, infere-se que as soluções de tratamento individual de esgotamento sanitário serão utilizadas até haver esse acompanhamento estatal (Jordão, 2005).

De acordo Neto (1997), os tanques sépticos são amplamente utilizados em todo o território nacional devido tanto a sua facilidade construtiva quanto a seu custo com manutenção e operação.

Jordão (2005), define o tanque séptico como uma ou mais câmaras responsáveis por reter o esgoto por um determinado período (12 a 24 horas) que permitam, além da sedimentação dos sólidos em suspensão os agentes bioquímicos transforme, através de processos digestivos da matéria orgânica, esse efluente em uma substância mais simples a ser tratada em um tanque de pós-tratamento e por fim ter sua disposição final sendo devolvido à natureza de forma menos prejudicial ao meio ambiente.

Ainda segundo Jordão (2005), na execução do tanque séptico é preciso ter bastante controle com a qualidade da impermeabilização e localização da implementação deste, pois ao contrário das fossas sépticas que infiltra no solo sem praticamente nenhum tratamento poluindo águas subterrâneas, o tanque séptico é apenas a primeira etapa do tratamento individual de esgoto não devendo ter infiltração do efluente em tratamento retido no interior da sua câmara, pois este passará por mais duas etapas, sendo devolvido ao solo na etapa de disposição final com uma carga orgânica menor.

2.1.1 Dimensionamento do tanque séptico

Tanque séptico: $V = 1000 + N(C \times TDH + K \times Lf)$ onde,

V = volume útil
N = número de contribuintes
C = contribuição dos despejos
TDH = tempo de detenção hidráulica
K = taxa de acumulação do lodo
Lf = contribuição do lodo fresco

2.2 Filtro Anaeróbico

Segundo a NBR 13969 (1997), o filtro anaeróbico é uma câmara que funciona como um reator biológico a qual possui um fundo falso com brita graduada que permite a passagem do efluente do tanque séptico com a retenção de partículas orgânicas de tal forma que nesse processo a oxidação é aumentada com a introdução do oxigênio no processo de passagem pelo agregado, tornando-se assim mais eficiente a ação das bactérias no processo de decomposição da matéria orgânica

2.2.1 Dimensionamento de filtro anaeróbico

Filtro: $V = 1,6 \times N \times C \times TDH$ onde,

V = volume útil
N = número de contribuintes
C = contribuição dos despejos
TDH = tempo de detenção hidráulica

2.3 Sumidouro

O sumidouro é definido pela NBR 13696 (1997) como a unidade de depuração e disposição final oriundo do tanque séptico, ou seja, é um orifício vertical que permite ao efluente que foi tratado nas etapas anteriores seja permeabilizado no solo.

2.3.1 Dimensionamento de sumidouro

Para o dimensionamento de um sumidouro, há alguns fatores que devem ser levados em consideração, um fator importante, disposto na literatura, é as condições naturais do solo, pois ele será fundamental para a infiltração daquela substância líquida ao solo retornando ao seu ciclo natural no meio ambiente.

Segundo a Funasa (2004), dentre as partículas que compõem o solo, há a presença de partículas finas, silte e argila, que governam o tamanho dos poros dos solos e estes, por sua vez, determinam a quantidade de água a ser impermeabilizada pelo solo. Com isso, é possível observar que há uma influência direta nos cálculos, pois se estivermos tratando de um solo bastante poroso a área útil não impermeabilizada do sumidouro será menor, devido a passagem d'água facilitada, em comparação a um outro solo menos poroso.

O mesmo manual, citado acima, sugere o teste de percolação para saber o tempo (em minutos) de absorção do solo, esse mesmo teste também pode ser realizado com aparatos mais precisos em laboratório. Em suma, esse tempo obtido no teste é fundamental para o

cálculo do coeficiente de infiltração que é outro fator que é utilizado no dimensionamento de sumidouros como mostra a Figura 3.

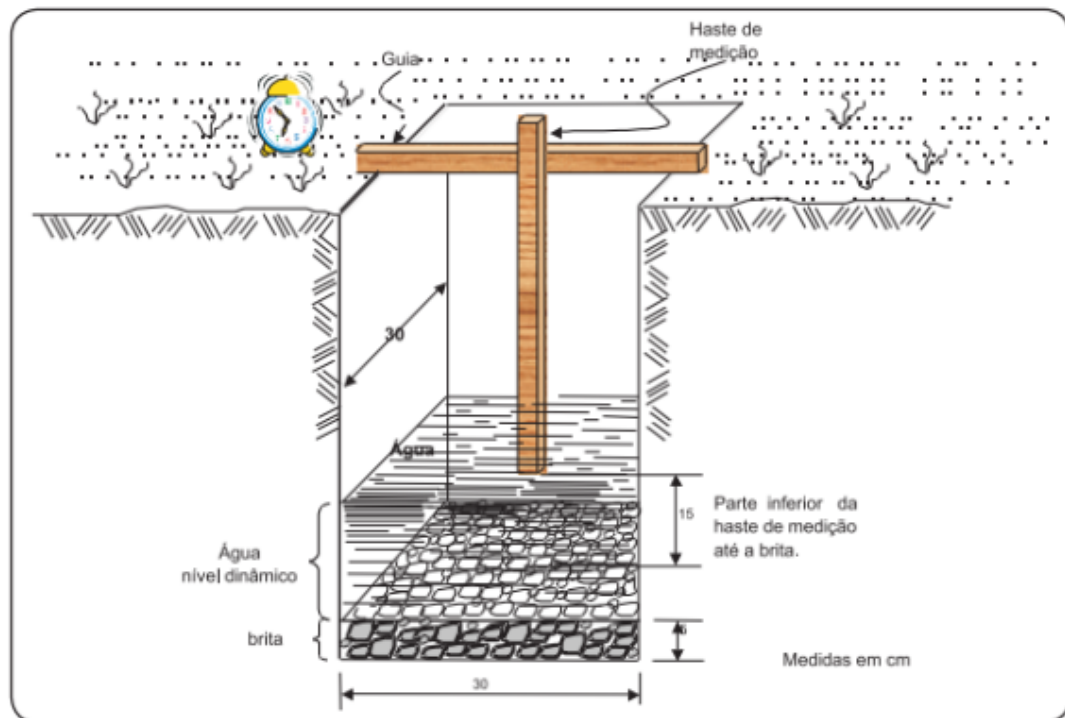


Figura 3: Teste de percolação

O Manual do Saneamento recomenda que a execução do teste seja realizada da seguinte forma:

- 1 Cavar um buraco no solo de 30cm x 30cm com uma profundidade média de 1.50m;
- 2 Colocar 5cm de brita fina no fundo;
- 3 Encher o buraco feito com água;
- 4 Repetir o processo a fim de saturar o solo até que o
- 5 abaixamento da água se torne o mais lento possível
- 6 Medir, com um relógio e uma escala graduada em centímetros, o tempo que o nível d'água levará (em minutos) para baixar 1cm. Este tempo é o tempo de percolação.

3 PROPOSTA DO PROGRAMA

O programa para dimensionamento de sistema de tratamento e disposição final de efluentes sanitários possui como premissas a acessibilidade para que qualquer cidadão com conhecimentos básicos em linguagem de programação executar no ambiente do Octave as linhas de código para obtenção do dimensionamento do tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro.

O programa utilizado para os cálculos foi o GNU Octave que fornece uma linhas de comandos convenientes e permite a resolução de problemas lineares e não lineares numericamente, utilizando uma linguagem bastante compatível com o MATLAB e SCILAB. Para o dimensionamento de sumidouros, necessita-se da entrada (input) apenas do número de

quartos, pois este está relacionado com a quantidade de moradores, pois foi assumido que em cada quarto serão considerados 2 moradores.

O programa após inicializado, solicitará a inserção desse dado, o usuário inserindo o número de quartos automaticamente o script será rodado fornecendo como informações de saída:

- Volume do reservatório;
- Volume da fossa séptica;
- Volume do filtro de anaerobico;
- Valor da área calculada do sumidouro;
- Valor da altura calculada do sumidouro;

O diâmetro do sumidouro está relacionado com a área do terreno (área disponível) e a quantidade de moradores da casa, pois, veremos na demonstração mais abaixo, que esse fator é fundamental para o cálculo, pois será dele que o programa de cálculo relacionará com a produção de efluentes produzidos por dia e, com isso, chegará a altura necessária para essa infiltração. O coeficiente de infiltração será dado com base em ensaio no solo com empresa especializada para este fim.

3.1 Exemplo de aplicação

Para uma aplicação do sistema de implementação de estação de tratamento individual de esgotamento sanitário calculado no ambiente do Octave, foi escolhido o loteamento Mantovani que está localizado no bairro Santa Catarina no município de Caçador/SC. Esse loteamento possui aproximadamente 81 lotes os quais estão destinados à implantação de residências uni e multifamiliares. A escolha do loteamento Mantovani foi devido a compatibilidade com os objetivos do presente trabalho, pois em função da rede coletora executada no local não possuir condições de ser posta em funcionamento, pois não há coletor municipal de esgoto próximo ao loteamento, torna-se indispensável a adoção de tratamento e disposição individual dos efluentes domésticos produzidos pelos moradores do loteamento.

Para o cálculo foram considerados os seguintes dados:

- V = volume útil ————— m^3
- N = número de contribuintes ————— 6 pessoas
- C = contribuição dos despejos ————— 150,0 litros
- TDH = tempo de detenção hidráulica ————— 0,67 dias
- K = taxa de acumulação do lodo ————— 57 dias
- L_f = contribuição do lodo fresco ————— 1 L/hab. dia

Para a contribuição de despejos, particularizando para o exemplo em questão, foi considerado o valor de 150 l/dia que, conforme NBR 2773/93, é equivalente à contribuição de uma pessoa numa casa de médio-alto padrão conforme mostra a Figura 5 abaixo.



Figura 4: Loteamento Mantovani

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

^(A) Apenas de acesso aberto ao público (estação rodoviária, ferroviária, logradouro público, estádio esportivo, etc.).

Figura 5: Contribuição diária de esgoto e de lodo fresco por tipo de prédio e de ocupante

Os valores usados como referência para a obtenção diária de esgoto foram utilizados na NBR 7229 (1993) como consta na figura 5 acima.

3.1.1 Resultados e discussões

A figura 6 mostra os resultados obtidos para na aplicação do script desenvolvido no dimensionamento do sistema e disposição final de esgotamento sanitário.

```
>> projetofinal

Digite o numero de quarto(s) da edificação: 3
Volume do reservatório.....: 2700
Volume da fossa séptica.....: 1945
Volume do filtro de anaerobico.....: 964.8
Para um diâmetro de sumidouro = 1, temos:
Valor do coeficiente de infiltração...: 75.3846
Valor da área calculada.....: 7.7602
Valor da altura calculada.....: 2.47015
>>
```

Figura 6: Resultados do programa

A figura 7 mostra um resumo das informações obtidas com o dimensionamento, assim como a adoção de diâmetros para algumas das câmaras e co isso a obtenção da altura. Também foi feito uma adoção de sistema contrutivo usando aneis de concreto pré-moldado, os quais foi relacionados também aos seus custos com base em composições retiradas de tabelas de referência como o Sinapi (2017) e o Siurb (2019).

	Volume (m³)	Altura (m)	Diametro (m)	Acréscimo (m)	Altura total (m)	Anéis (m)	Quantitativo (und)	Custo (R\$)
Tanque Séptico	1,95	1,10	1,50	0,30	1,40	0,80	2 aneis - 0.80 m	619,00
Filtro Anaeróbico	0,97	0,73	1,30	0,30	1,03	0,60	2 aneis - 0.60 m	520,00
Sumidouro	1,94	2,47	1,00	0,00	2,47	0,90	3 aneis - 0.90 m	700,00

Figura 7: Tabela com os resultados do programa

4 SCRIPT

Abaixo segue o modelo do script utilizado para o dimensionamento de sumidouro.

```
1 %c lculo da taxa de ocupa o
2 quarto=input("Digite o numero de quarto(s) da edifica o: ");
3 moradores=quarto*2; %considerou-se o n mero m dio de 2 pessoas por
   quarto
4 %c lculo do consumo de gua pot vel:
5     if (quarto >= 5);
6         c=200;
7     elseif (quarto >= 4 && quarto < 5);
8         c=160;
9     elseif (quarto >= 3 && quarto < 4);
10        c=150;
11    elseif (quarto >= 2 && quarto < 3);
12        c=120;
13    elseif (quarto==1);
14        c=100;
15    endif
16 %c= consumo de gua per capita
17 volumel=c*moradores*quarto;
18 printf("Volume do reservat rio.....: %d\n", volumel)
19 %c lculo da fossa s ptica
20 detencaoh=0.67; %dias
21 k=57; % taxa de acumula o do lodo (dias)
22 lf=1;
23 for l=0.67:0.67:(moradores*0.67);
24     x=l;
25     endfor
26 vfossa=x*c+moradores*(k*lf)+1000;
27 printf("Volume da fossa s ptica.....: %d\n", vfossa)
28 %c lculo do filtro anaerbico
29 vfiltro=1.6*x*c;
30 printf("Volume do filtro de anaerobico.....: %d\n", vfiltro)
31 %c lculo do sumidouro
32 %Entrada de dados para o dimensionamento
33 a=1; %Di metro do sumidouro (m)
34 b=moradores;
35 ceflu=.65*c*moradores; %input("Contribui o de efluentes por dia (
   v): ")
36 d=4; %input("Resultado do ensaio de infiltra o do solo (min): ")
37 %C lculo
38 e=490/(d+2.5);
39 %Dimensionamento
40 ar=ceflu/e;
41 h=ar/(pi*a);
42 %Resultado e exposi o deste
43 printf("\a");
44 printf("Para um di metro de sumidouro = %d, temos: \n", a)
45 printf("Valor do coeficiente de infiltra o....: %d\n", e)
46 printf("Valor da rea calculada.....: %d\n", ar)
47 printf("Valor da altura calculada.....: %d\n", h)
```

5 CONCLUSÃO

A aplicação do recurso tecnológico nos estudos sobre soluções individuais de tratamento dos efluentes sanitários é fundamental para o avanço e a complementação de todo um sistema de saneamento básico no Brasil.

O projeto e execução de sistemas de tratamento de esgoto devem seguir os padrões estabelecidos em Normas Brasileiras, buscando o menor impacto possível ao meio que estão inseridos devendo ser observada a melhor solução para evitar problemas ambientais. Como é a problemática do caso apresentado no estudo, o loteamento Mantovani, localizado no município de Caçador/SC, não possui infraestrutura para a captação de sistema convencional ou até mesmo condominial, portanto foi desenvolvido um cálculo para a implantação de sistema individual de tratamento e disposição final simplificado com baixo custo de manutenção e operação. Com isso, busca-se combater as consequências do despejo ao meio ambiente sem tratamento, como as doenças causadas pela proliferação de insetos e bactérias ou a poluição das águas da redondeza.

Dentre as opções de sistemas individuais, a utilização do tanque séptico é unânime, portanto há liberdades em adaptações tanto na forma do pós-tratamento quanto na disposição final. Foi adotado no trabalho o filtro anaeróbico como câmara de pós-tratamento e sumidouro para a disposição do efluente tratado no solo.

O programa desenvolvido para dimensionamento de um sistema individual de tratamento e disposição final de efluentes sanitários cumpriu o objetivo proposto, facilitando a implementação em residência uni e plurifamiliares permitindo o acesso às soluções independentes em locais que não há saneamento básico adequado.

As unidades dimensionadas podem ser replicadas em casas com as mesmas configurações utilizadas na aplicação desse estudo, caso o solo possua o mesmo coeficiente de infiltração. Partindo disso, os resultados obtidos serão favoráveis para a implementação desse sistema, pois estas, caso executadas conforme recomendação técnica reconhecida, não ocasionará prejuízos ambientais.

A ferramenta ainda está em fase de aprimoramento, como sugestão para trabalhos futuros, pode-se pensar em adaptar esse script para outros tipos de pós tratamento e disposição final do efluente sanitário, como: filtros de areia e valas de infiltração.

Referências

- Andrade, H. d. C. (2020). Estudo da viabilidade técnica de implantação de fossa séptica em nitossolo vermelho e aterro. 6(2).
- Funasa (2004). Manual de saneamento. *Ministério da Saude*, 3(408p).
- Jordão, P. (2005). Tratamento de esgotos domésticos. *4. ed Rio de Janeiro: ABES*.
- NBR13969 (1997). Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação.
- Neto, A. (1997). Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários. *Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES)*.