



**Encontro Técnico**  
**AESABESP**

31º Congresso Nacional  
de Saneamento e  
Meio Ambiente

**31ETC-05571**

**TRABALHO ANÁLISE DE VIABILIDADE  
TECNICA, ECONOMICA E SOCIO-  
AMBIENTAL DE TRATAMENTO DE  
ESGOTO EM PROPRIEDADES RURAIS.**

**Marcia Viana Lisboa Martins**  
**Laís Gomes de Oliveira**  
**UNIFEI**

# INTRODUÇÃO

- Falta de acesso ao esgotamento sanitário pela população → descarte de esgoto em locais inapropriados e sem tratamento, traz consequências diretas a saúde dos cidadãos e ao desgaste do meio ambiente.
- Esgoto → SNIS/2017
  - Brasil → 53,36 % da população acesso a rede de esgoto
  - Sudeste → 78,56% do esgoto é coletado, mas apenas 50,39% do esgoto coletado é tratado
- População rural → IBGE/ 2010
  - Brasil → 29,8 milhões de pessoas habitavam áreas rurais
  - Minas Gerais, 2,8 milhões de pessoas habitavam áreas rurais.
- Esgotamento na área rural/Brasil
  - 17,1 % da população tem acesso ao esgotamento sanitário adequado.
  - 54,2% dos domicílios com atendimento precário
  - 28,6% → população que não dispõe de nenhum tipo de atendimento

# INTRODUÇÃO

- Itajubá, Minas Gerais → o índice de coleta de esgoto é 73,2%, e 85,41% são tratados (SNIS, 2017)
- População não atendida concentra-se nas regiões rurais
- O bairro Pessegueiro não é abrangida pelo sistema de esgotamento sanitário do município.
- O esgoto gerado nas propriedades rurais é lançado em vala a céu aberto até atingir o corpo hídrico e os efeitos dos efluentes despejados sem tratamento nos cursos d'água são facilmente observados pela aparência adquirida pelos córregos que atravessam a região.
- A matéria orgânica presente nos efluentes descartados propicia o crescimento anormal de plantas aquáticas e a proliferação de microrganismos, além do mau cheiro e aspecto desagradável.
- Assim, a elaboração de um projeto que seja capaz de minimizar os efeitos trazidos pelo descarte do esgoto *in natura* é urgente e necessária.
- É importante também que o projeto seja economicamente viável em pequena escala e de execução facilitada, para que seja coerente com a realidade econômica da população.



# OBJETIVO

- O objetivo foi o estudo de viabilidade técnica, econômica, ambiental e social de alternativas de tratamento de esgoto em propriedades rurais.
- Foram estudadas as seguintes alternativas de tratamento:
  - águas negras → Fossa séptica biodigestora e Bacia de evapotranspiração
  - águas cinza → Jardim filtrante e círculo de bananeiras
- Para comparação destes sistemas foram avaliados o custo de implantação, área ocupada, manutenção do sistema e geração de efluentes.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- **Implantação de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário**
- Comunidade isolada é definida como núcleos habitacionais que não estão conectados aos serviços públicos de saneamento básico (ABES, apud Brasil, 2018).
- Dificuldades de implantação de SES:
  - grande distância em relação à sede do município;
  - difícil acesso;
  - baixa densidade populacional;
  - grande dispersão entre os domicílios ou situação de irregularidade fundiária.
- Nessas localidades adota-se soluções locais, unifamiliares ou semicoletivas.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- **Implantação de sistemas descentralizados de esgotamento sanitário**
- **Sistemas centralizados** tradicionais, nos quais existe apenas um sistema de tratamento de esgoto, situado longe do ponto de coleta
- **Sistemas descentralizados** são aqueles que coletam, tratam e fazem a disposição final ou reuso do esgoto em local próximo à sua geração
  - Vantagens → soluções mais confiáveis e de custo mais condizente com a realidade de pequenas comunidades (Massoud, 2008 apud Santos et al., 2015).
  - Responsabilidade pela construção e manutenção dos sistemas → própria comunidade usuária → dificuldades com o novo marco legal do saneamento (lei 11.445/2020)

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- Fatores devem ser considerados na escolha de um sistema individual ou multifamiliar de tratamento de esgoto, Martinetti (2015)
  - Presença de água nos banheiros (Encanada);
  - Tipo de esgoto gerado;
  - Área disponível para a implantação do sistema;
  - Tipo de solo do local;
  - Profundidade do lençol freático;
  - Presença de nascentes e cursos d'água superficiais;
  - Clima; e
  - Custo e insumos de baixo custo, e o modo de operação e manutenção.

# FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

- separação entre as **águas cinza** e **águas negras**, é um importante aspecto a ser considerado para o desenvolvimento de um tratamento mais simplificado e eficiente, Fonseca (2018), .



**águas negras**



**águas cinzas**

© LabCau 2004

# Fossa Séptica Biodigestor

Tratamento de águas negras

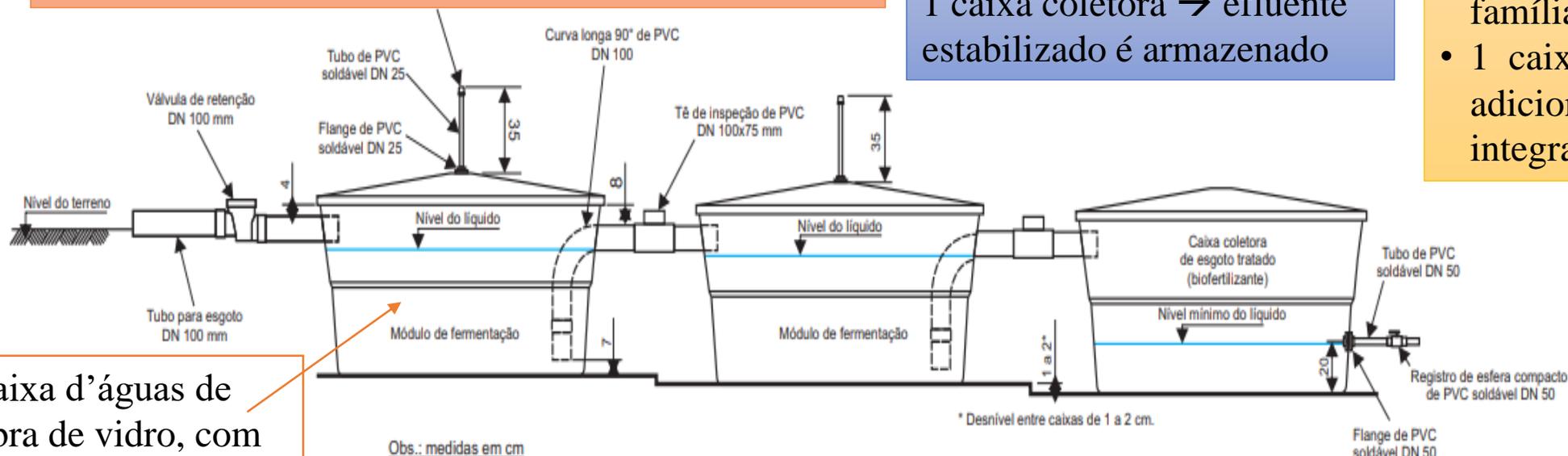
EMBRAPA (2017) a fossa séptica biodigestora → > 11.500 residências

1/ mês → injetar uma mistura de 5 L de esterco bovino e 5 L de água → seleção de bactérias que aumentam a eficiência e reduzem os odores.

2 módulos de fermentação → biodigestão anaeróbica realizada pelas bactérias ocorre mais intensamente.

1 caixa coletora → efluente estabilizado é armazenado

- Mínimo de 3 caixas para famílias de até 5 moradores
- 1 caixa de 1000L deve ser adicionada para cada 2,5 integrantes a mais na residência



Caixa d'água de fibra de vidro, com capacidade mínima de 1000 L

**Figura 2 - Esquema de montagem da tubulação de uma Fossa Séptica Biodigestora (Lateral). Fonte: EMBRAPA (2017).**

# Bacia de evapotranspiração (BET) ou Tanque de evapotranspiração (TEvap)

Técnica (aguas negras)

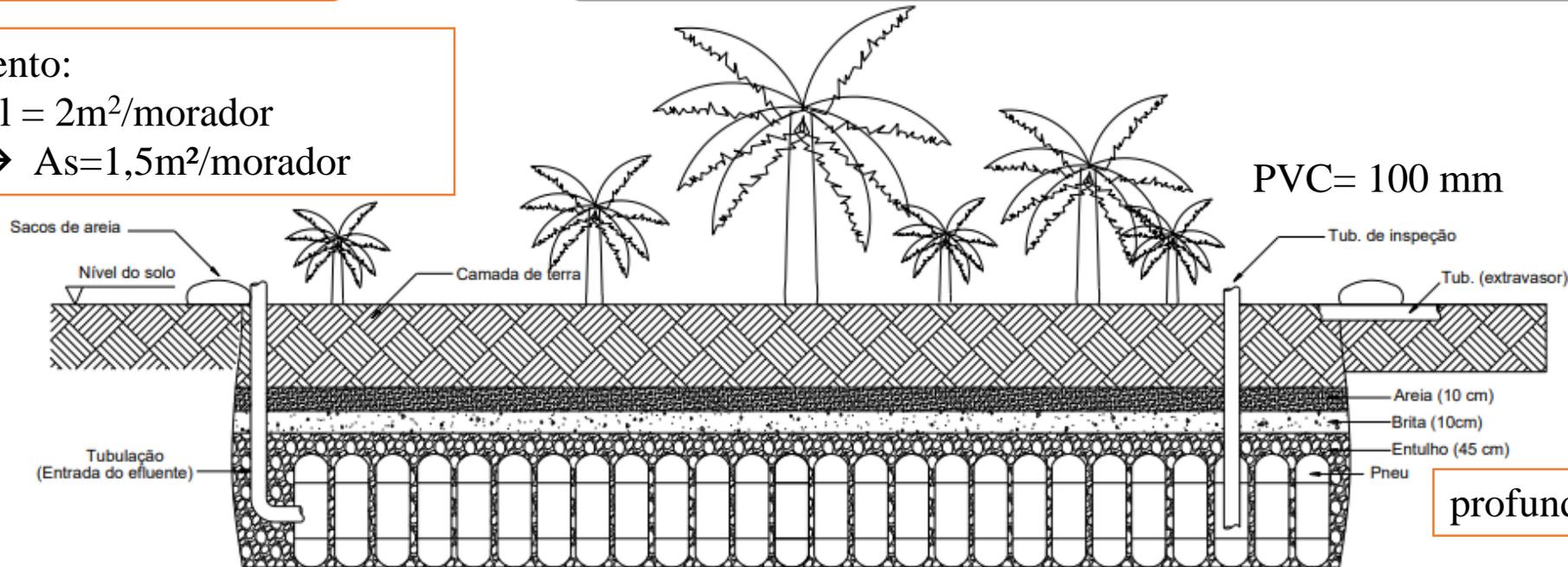


degradação microbiana, mineralização dos nutrientes e a absorção e evapotranspiração pelas plantas

Dimensionamento:

área superficial =  $2\text{m}^2/\text{morador}$

regiões secas  $\rightarrow$   $A_s = 1,5\text{m}^2/\text{morador}$



afluente é absorvido pela vegetação

profundidade  $\rightarrow$  1,2 a 1,5 m

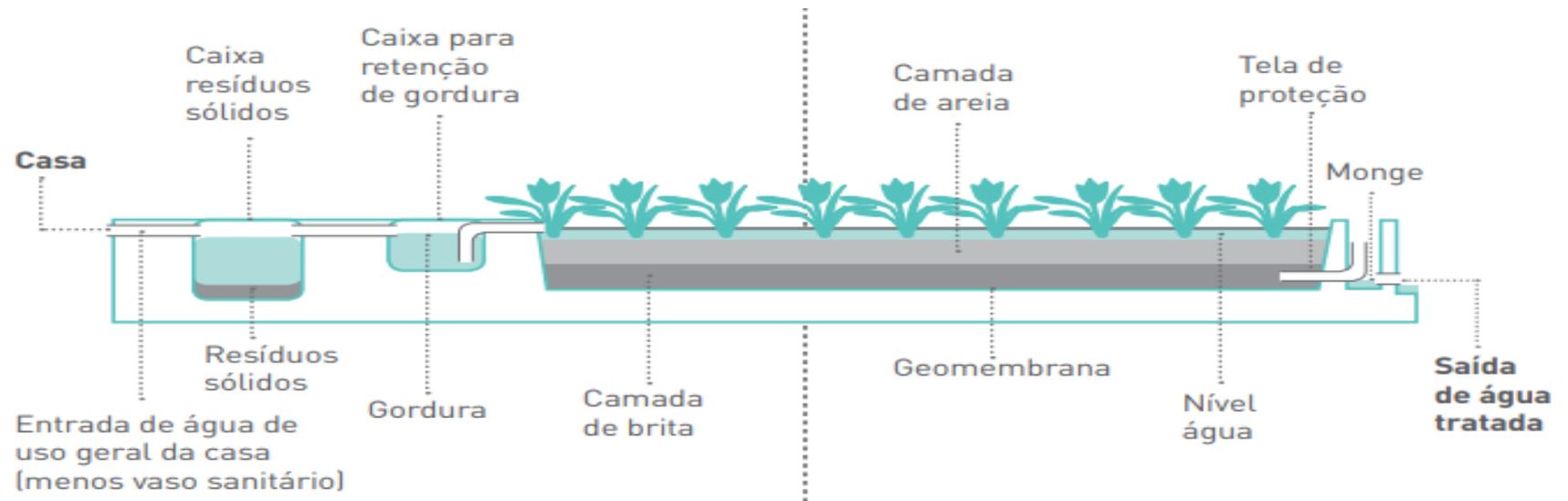
câmara de digestão anaeróbica na parte inferior

Figura 4 - Esquema em corte de uma Tevap. Fonte: Costa (2018)

# Jardim Filtrante

- **Tratamento das águas cinza**
- Composição → pequeno lago com pedras, areia e plantas aquáticas absorvem da água, nutrientes e contaminantes, através do processo de Fitorremediação.
- Plantas → macrófitas aquáticas (que suportam um ambiente com muita água) como taboa, papirus, inhame, copo-de-leite ou lírio-do-brejo que durante o seu crescimento retirarão nutrientes da água, limpando-a.

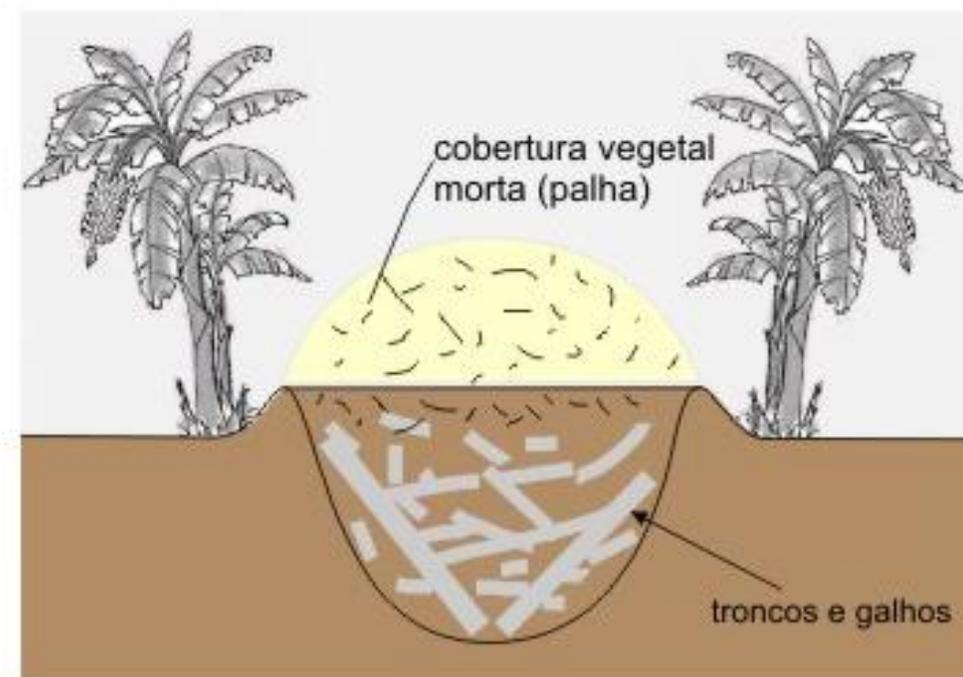
Preenchido → brita, tela de nylon e areia grossa e, em seguida, saturado de água, nível controlado por um monge



Dimensões → 50 cm de profundidade e 2m<sup>2</sup> de área superficial para cada morador

# Círculo de bananeiras

- Tratamento de água cinza
- Baseia-se na grande absorção de água promovida por vegetações de folhas largas, como a bananeira e o mamoeiro.
  - Escavação de um buraco em forma de concha, com aproximadamente 1 m de profundidade e 1,4 m de diâmetro → atende até 5 pessoas
  - Tubulação de entrada de esgoto → PVC de 100 mm, posicionado na borda superior do círculo, com joelho na saída, para evitar entupimentos.
  - preenchimento → troncos e toras de madeira, seguidos por galhos e gravetos, e palha → superfície deve ficar abaulada.
  - plantio das bananeiras → 60 cm da borda do círculo, 4 a 6 mudas, 30x30x30 cm, que são preenchidas de solo com alta concentração de matéria orgânica para fomentar o desenvolvimento das mudas.
  - Manutenção do sistema é simples

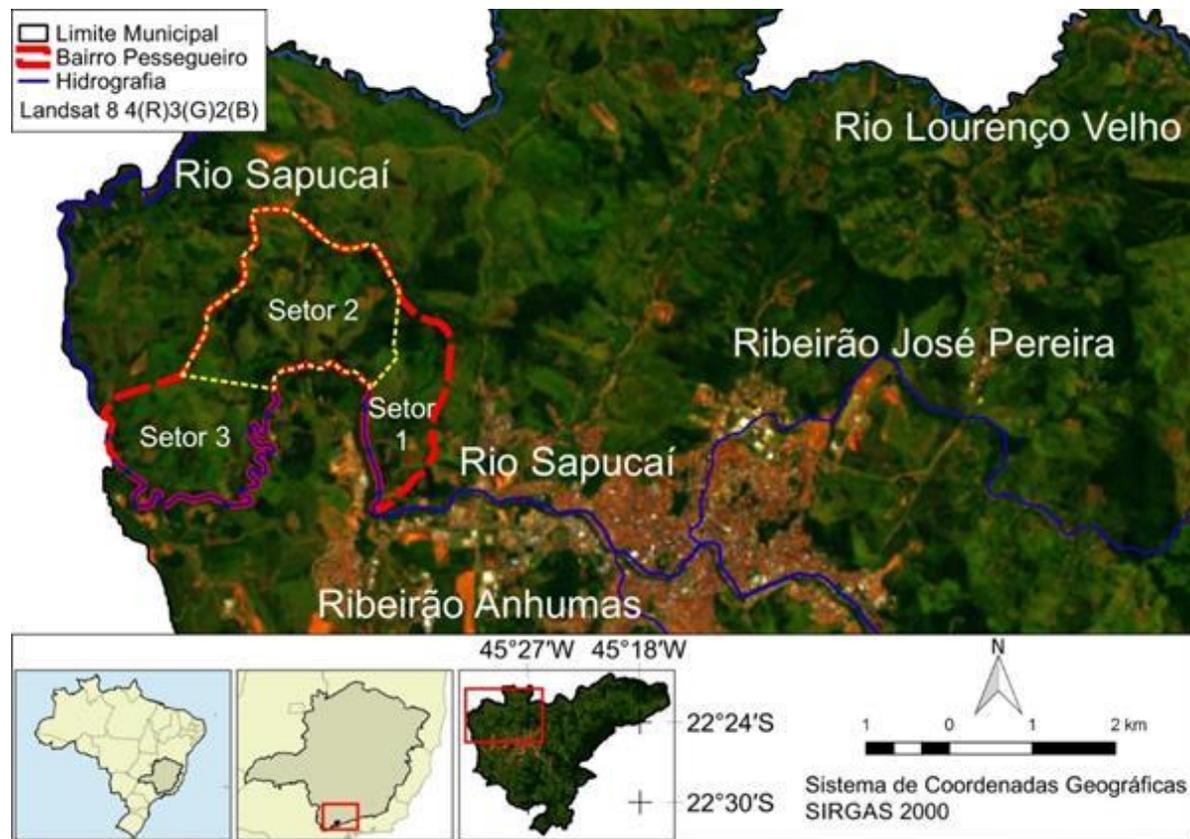


# MATERIAIS E MÉTODOS



# RESULTADOS

- Caracterização das propriedades rurais



**Bairro Pessegueiro** → 200 famílias residentes no localizado na área rural, pertencente ao município de Itajubá, Minas Gerais.

Os moradores, em sua maioria, possuem criação de animais bovinos e a suínos e alguns trabalham na área urbana do município.

O sistema de tratamento foi dimensionado para tratar o efluente gerado por duas casas

# RESULTADOS

- **Caracterização das propriedades rurais**
- As duas propriedades estudadas são vizinhas e foram escolhidas, visto que nestas propriedades foram encontrados os maiores índices de contaminação fecal levantado no projeto Águas do Pessegueiro (MONTEIRO et al., 2018).



Fig. 8 – Imagem da situação do córrego no bairro Pessegueiro



Fig. 9 – lançamento do esgoto em valas a céu aberto na propriedade em estudo

# RESULTADOS

- Número de habitantes → 4 moradores (casa 1) + 5 moradores (casa 2)

Tabela 10 - Contribuição de esgoto e carga orgânica em função do número de moradores

RESIDÊNCIA	NUM. HAB	CONTRIBUIÇÃO DE ESGOTO PRODUZIDO POR HAB. NBR 13969 (L/dia. Hab.)	CONTRIBUIÇÃO TOTAL DE ESGOTO (L/DIA)	CONTRIBUIÇÃO DE CARGA ORGÂNICA (gDBO <sub>5,20</sub> /dia)
1	4	100	400	120
2	5	100	500	150
<b>Total</b>	9	-	900	270

# Dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes

## a) Fossa Séptica Biodigestora

- O número de habitantes resultou em 9 ultrapassando o limite máximo de 5 pessoas para a utilização de 3 reatores, sendo necessário 1 reator (caixa de 1000L) para cada 2,5 morador a mais (EMBRAPA,2017). Portanto, foram considerados 5 reatores de 1000L.
- Para o projeto foram consideradas como reatores caixas d'agua de polietileno com capacidade de 1000L.
- A tubulação de entrada, assim como as de conexão entre os reatores, as quais possuem comprimento igual a 50cm, tiveram diâmetro adotado de 100mm.
- Entre as caixas foram previstas ainda, a instalação de Tê de inspeção (100 x 75mm).
- A ventilação, que deve existir nos 4 primeiros reatores, foi dimensionada com um diâmetro igual 75mm e comprimento igual a 35cm.
- Considerando um espaço de 15 cm de folga, entre a borda enterrada das caixas e o solo, e um desnível de 2 cm, determinou-se as dimensões da vala de escavação (Tabela 11).

# Dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes

- Tabela 11 – Dimensões da vala de escavação e área ocupada do T.S.B.

VARIÁVEIS	VALOR
Comprimento	9,8 m
Largura	1,7 m
Profundidade	0,7m
Área superficial	16,66 m <sup>2</sup>
Volume de escavação	11,66 m <sup>3</sup>

# Dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes

## b) TEvap

- 1 Tevap para tratar a água negra gerada pelas duas casas.
- Foi considerado a área de 2m<sup>2</sup>/hab, resultando numa área de 18m<sup>2</sup> para 9 moradores.

**Tabela 12 – Dimensões da vala de escavação e área ocupada do Tevap**

VARIÁVEIS	DIMENSÃO	DIMENSÃO COM ALVENARIA
Largura	3 m	3,18 m
Comprimento	6 m	6,18 m
Profundidade	1,2 m	-
Área superficial final	-	19,7 m <sup>2</sup>
Volume de escavação	-	23,6 m <sup>3</sup>

# Dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes

- Tevap:
  - quantidade de pneus é igual a 26 unidades.
  - tubulação de entrada do efluente no sistema é de 100mm
  - Tubulação de extravação é igual a 50 mm.

**Tabela 13 – Espessuras das camadas adotadas para T.S.B**

CAMADA	ESPESSURA
Entulho	50 cm
Brita	20 cm
Areia	20 cm
Terra	28 cm

# Dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes

c) Jardim Filtrante (águas cinza)

- EMBRAPA (2014), a área superficial adotada foi igual a 2m<sup>2</sup> por morador
- Foram previstos, antes da entrada do efluente no sistema, a instalação da caixa de gordura e decantador.
- A tubulação de saída tem diâmetro igual a 100 mm

**Tabela 14 – Dimensões da vala escavação e área ocupada do J.F.**

VARIÁVEIS	VALORES
Área (adotada para 9 moradores)	18 m <sup>2</sup>
Largura	3 m
Comprimento	6 m
Profundidade	0,6 m
Volume de escavação	11,31 m <sup>3</sup>

# Dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluentes

d) Círculo das bananeiras

- atender a uma unidade familiar de até 5 pessoas.

**Tabela 15 – Circulo das bananeiras**

VARIÁVEIS	VALORES
Diâmetro	1,4 m
Diâmetro com as bananeiras	3,2 m
Profundidade	1 m
Área superficial	3m <sup>2</sup>
Área superficial com as bananeiras	8m <sup>2</sup>
Área superficial com a bananeira de dois sistemas	16m <sup>2</sup>
Volume de escavação de um sistema	4,3m <sup>3</sup>
Volume de escavação de dois sistemas	8,6 m <sup>3</sup>

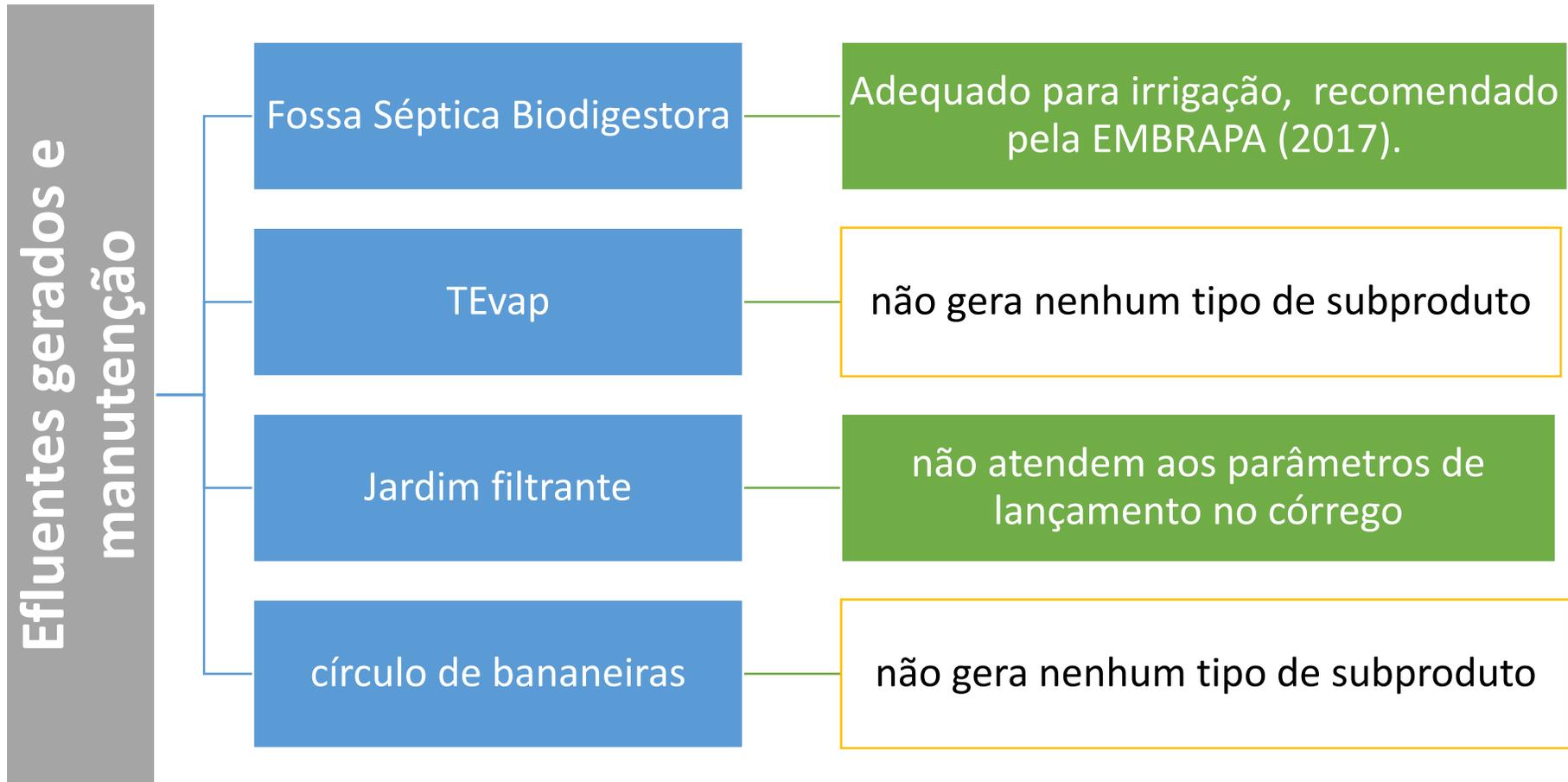
# Análise de viabilidade técnica, econômica, social e ambiental

- **Área ocupada e volume de escavação**
- Sistemas que ocupem menor área representam menor perda de terreno útil aos moradores.
- Menores volumes de escavação trazem menor dificuldade de execução, bem como uma menor modificação do relevo natural.

**Tabela 16 – Área e volume de escavação dos sistemas de tratamento de efluentes.**

VARIÁVEIS	SISTEMA DE TRATAMENTO			
	ÁGUA NEGRA		ÁGUA CINZA	
	TEvap	F. S. Biodigestora	Jardim Filtrante	C. de bananeiras
Área ocupada [m <sup>2</sup> ]	19,7	16,7	18,0	16,0
Volume de escavação [m <sup>3</sup> ]	23,6	11,7	11,3	8,6

# Análise de viabilidade técnica, econômica, social e ambiental



# Análise de viabilidade técnica, econômica, social e ambiental

- Levantamento de custos

**Tabela 19 – Custo de implantação dos sistemas**

TIPO DE EFLUENTE	SISTEMA	CUSTO TOTAL (R\$)
Água negra	Tanque de Evapotranspiração	1151,22
	Fossa Séptica Biodigestora	1717,70
Água cinza	Jardim Filtrante	1218,80
	Círculo de bananeiras	36,60

# Seleção do sistema

Parâmetros de seleção:

menor custo de implantação e manutenção mais simples

Menor impacto de lançamento no corpo hídrico

- ÁGUA NEGRA → TEvap e a Fossa Séptica Biodigestora.
- volume da TEvap → 50% maior que o volume Fossa Biodigestora
  - Dimensões do sistema não é um fator limitante, pois há área disponível.
- efluente da Fossa Séptica tem como único destino a irrigação restrita.
  - A propriedade não possui grande área de plantação para disponibilizar o efluente gerado.
- TEvap não apresenta nenhum subproduto.
- TEvap apresenta custo de 70% do custo da Fossa Séptica Biodigestora.
- Sistema selecionado → TEvap

# Seleção do sistema

- Água cinza
  - Jardim Filtrante
  - Circulo de Bananeiras.
- Área
  - Área e Volume dos dois sistemas similares
- Efluente
  - Jardim filtrante → não atende aos parâmetros de lançamento no corpo d'água
  - circulo de bananeiras → não gera efluentes
- Custo
  - circulo das bananeiras é muito mais baixo que o custo do jardim filtratante
- Sistema selecionado → Circulo de bananeira



# CONCLUSÃO

- A Fossa Séptica Biodigestora, o TEvap, o Jardim Filtrante e o Círculo de Bananeiras, são sistemas de tratamento de esgoto capazes de atender as necessidades da porção da população que não possui acesso a rede pública e centralizada de esgoto sanitário.
- O TEvap e o Círculo de bananeiras foram as alternativas mais viáveis de tratamento do esgoto sob o ponto de vista técnico, econômica e socioambiental para as duas residências em estudo.
- Espera-se que com a implantação do sistema de tratamento de efluentes reduzir o dano ambiental, social e de saúde pública causado pelo lançamento sem tratamento dos efluentes nos curso d'água
- O projeto desenvolvido pode ainda, servir como base para que, com adequações referentes ao número de habitantes e espaço disponível, outras propriedades rurais da região possam implementar sistemas de tratamento descentralizados, e diminuir ainda mais os impactos da atividade humana no ambiente rural.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASTOS, R.; CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L. Subsídios à regulamentação do reuso da água no Brasil - Utilização de esgotos sanitários tratados para fins agrícolas, urbanos e pisciculturas. Revista DAE. ed.177, n.122. 2008.
- BRASIL, A., et al. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, SP: Biblioteca/Unicamp, 2018.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. São Carlos (São Paulo). 2014. Disponível em: <[http://www.iniciativaverde.org.br/upfiles/fckeditor/file/2014\\_01\\_31\\_folder\\_6000\\_jardim\\_filtrante\\_final.pdf](http://www.iniciativaverde.org.br/upfiles/fckeditor/file/2014_01_31_folder_6000_jardim_filtrante_final.pdf)>. Acesso em: 11 de Setembro de 2019.
- FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS B. S. C. DOS; TONETTI A. L. Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo das bananeiras. Campinas, SP: Biblioteca/ Unicamp, 2018.
- FONSECA, A. R.. Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil. 2008. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Departamento de Saúde e Saneamento Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2008.
- GALBIATI, A. F. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009. f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, 2009.
- MARTINETTI, T. H. Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares. 2015. 292 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.
- MONTEIRO, A. F. M. et al. Projeto Águas do Pessegueiro. 2018. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá.
- OLIVEIRA, T J. Fossa Séptica Biodigestora: limitações e potencialidade de sua aplicação para o tratamento de águas fecais em comunidades rurais. 2018. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.
- PEREIRA, M. A. B. et al. Eficiência de fossa séptica biodigestora no tratamento de esgoto doméstico no assentamento Vale Verde, Tocantins. Tecnol. & Ciên. Agropec., João Pessoa, v.12, n.1, p.7-14, mar. 2018 SILVA, W. T. L. DA; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. Eficiência do Processo de Biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora Inoculada com Esterco de Ovino. Comunicado Técnico Embrapa, 2007. ISSN 1518-7179,342007
- SANTOS, R. F. DOS et al. Abordagem descentralizada para concepção de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico. In: IX WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA, 6., 2014. ISSN: 2175-1897



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEI  
INSTITUTO DE RECURSOS NATURAIS  
[marciaviana@unifei.edu.br](mailto:marciaviana@unifei.edu.br)

*Obrigada pela atenção!*  
*Itajubá - MG*