

GUIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SANEAMENTO SUSTENTÁVEL SEGURO: EFLUENTES DOMÉSTICOS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Guía para la implementación del saneamiento sostenible seguro:
efluentes domésticos y residuos sólidos orgánicos



CADERNOS DA
PÓS-GRADUAÇÃO

Organizadora
Paula Loureiro Paulo



editora
UFMS



GUIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SANEAMENTO SUSTENTÁVEL SEGURO: EFLUENTES DOMÉSTICOS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Guía para la implementación del saneamiento sostenible seguro:
efluentes domésticos y residuos sólidos orgánicos

Organizadora
Paula Loureiro Paulo



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE MATO GROSSO DO SUL**

Reitor

Marcelo Augusto Santos Turine

Vice-Reitora

Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo

Obra aprovada pelo

CONSELHO EDITORIAL DA UFMS

Resolução nº 62-COED/AGECOM/UFMS, de 23 de agosto de 2021.

Conselho Editorial

Rose Mara Pinheiro (presidente)

Ana Rita Coimbra Mota-Castro

Além-Mar Bernardes Gonçalves

Alessandra Regina Borgo

Antonio Conceição Paranhos Filho

Antonio Hilario Aguilera Urquiza

Cristiano Costa Argemon Vieira

Delasnieve Miranda Daspert de Souza

Elisângela de Souza Loureiro

Elizabete Aparecida Marques

Geraldo Alves Damasceno Junior

Marcelo Fernandes Pereira

Maria Ligia Rodrigues Macedo

Vladimir Oliveira da Silveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Diretoria de Bibliotecas – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

Guia para implementação de saneamento sustentável seguro [recurso eletrônico] : efluentes domésticos e resíduos sólidos orgânicos = Guía para la implementación del saneamiento sostenible seguro : efluentes domésticos y residuos sólidos orgánicos / Organizadora: Paula Loureiro Paulo. – Campo Grande, MS : Ed. UFMS, 2021.

Dados de acesso: <https://repositorio.ufms.br>

Texto em português e espanhol.

Inclui bibliografia.

ISBN 978-65-86943-81-8

1. Saneamento. 2. Esgotos. 3. Águas residuais – Purificação. 4. Resíduos orgânicos. 5. Resíduos orgânicos – Purificação. I. Paulo, Paula Loureiro. II. Título.

CDD (23) 628.3

Bibliotecária responsável: Jakeline de Souza Costa – CRB 1/3090

Organizadora
Paula Loureiro Paulo

GUIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SANEAMENTO SUSTENTÁVEL SEGURO: EFLUENTES DOMÉSTICOS E RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Guía para la implementación del saneamiento sostenible
seguro: efluentes domésticos y residuos sólidos orgánicos

Campo Grande - MS | 2021



"O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001".

© **dos autores**

Paula Loureiro Paulo
Fernando Jorge Correa Magalhães Filho
Adriana Farina Galbiati
Karen Midori Takahashi
Aline Paiva Moreira

1ª edição: 2021

Projeto Gráfico, Editoração Eletrônica

TIS Publicidade e Propaganda

Revisão

A revisão linguística e ortográfica
é de responsabilidade dos autores

A grafia desta obra foi atualizada conforme
o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa,
de 1990, que entrou em vigor no Brasil
em 1º de janeiro de 2009.

Direitos exclusivos para esta edição



Secretaria da Editora UFMS - SEDIT/AGECOM/UFMS

Av. Costa e Silva, s/nº - Bairro Universitário, Campo
Grande - MS, 79070-900
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Fone: (67) 3345-7203
e-mail: sedit.agecom@ufms.br

Editora associada à



ISBN: 978-65-86943-81-8

Versão digital: Outubro de 2021



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 COMO USAR O GUIA	9
3 FRAÇÕES DOS RESÍDUOS E POTENCIAIS PERIGOS PARA A SAÚDE	10
4 RISCOS	12
5 GRUPOS DE EXPOSIÇÃO	13
6 VIAS DE EXPOSIÇÃO	15
7 EVENTOS PERIGOSOS	18
8 ETAPAS ENVOLVIDAS NA GESTÃO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS	19
9 TECNOLOGIAS	20
10 MEDIDAS APROPRIADAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS	26
10.1 PRINCÍPIO DE MÚLTIPLAS BARREIRAS	26
10.2 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE	26
11 MONTAGEM DE CENÁRIOS DE RISCO	29
12 AGRADECIMENTOS	39
13 REFERÊNCIAS	40
14 ANEXO	43

1 INTRODUÇÃO

O acesso à água limpa e segura e ao esgotamento sanitário foi considerado direito humano essencial para gozar plenamente a vida pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas – ONU, em 2010 (Resolução A/RES/64/292). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, lançados em 2015, também pela ONU, reforçam a importância do saneamento com o Objetivo 6: “até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos”.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde – OMS, saneamento (esgotamento sanitário) é definido como acesso e uso de instalações e serviços para a eliminação segura de urina e fezes humanas. Um sistema de saneamento seguro é um sistema projetado e usado para evitar o contato das excretas humanas com as pessoas em todas as etapas da cadeia de serviços de saneamento, desde a captação nos banheiros, até contenção, esvaziamento, transporte, tratamento (*in-situ* ou externo) e disposição ou re(uso) final (WHO, 2019).

Conforme os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS e a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico – IBGE, referentes aos anos de 2018 e 2017, respectivamente, são 101 milhões de brasileiros sem acesso ao atendimento do serviço de esgotamento sanitário, apenas 46% da população possui seu esgoto tratado, e 2211 municípios não possuem rede coletora de esgoto. Segundo o programa de monitoramento de dados sobre saneamento da Organização Mundial da Saúde e o Fundo das Nações Unidas para a Infância – UNICEF (WHO/UNICEF *Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene* - JMP), 39% da população brasileira ainda utiliza um sistema rudimentar, inadequado ou impróprio do tipo fossa ou latrina e 1% ainda defeca a céu aberto. Dessa forma, grande parte da população brasileira ainda se encontra suscetível às doenças ou enfermidades causadas pela exposição aos patógenos e substâncias perigosas presentes nas águas residuárias.

O novo Marco Legal do Saneamento Básico (PL 4.162/2019) prevê a universalização dos serviços de abastecimento e esgotamento até 2033, com maior incentivo à participação da iniciativa privada no setor. A universalização é fundamental e necessária não somente para o Brasil, mas para diversos países na América Latina, Caribe, África e Ásia, uma vez que irá permitir o acesso da população à água potável e ao esgoto coletado e tratado, propiciando saúde e melhor qualidade de vida. No entanto, os sistemas descentralizados necessários para tratar esgotos em comunidades isoladas, residências rurais e pequenas cidades não são atrativos para os investidores no setor, demandando prioritariamente investimentos públicos e iniciativas locais para as soluções de saneamento.

Embora haja necessidade de universalizar o acesso a uma instalação mais segura e adequada, que permita o tratamento de esgotos e excretas, esses indicadores não retratam a sus-

tentabilidade das tecnologias, dos sistemas, e os arranjos utilizados para promover o controle da poluição. Ocorre que as estações implementadas tratam parte dos poluentes e não sua totalidade, permitindo ainda que a poluição chegue na água e no solo, dessa forma não cumprem o papel efetivo que é a proteção da saúde pública.

Para o ambiente rural, recentemente, foi elaborado o *Plano Nacional de Saneamento Rural* (Brasil, 2019), o qual sugere o uso de uma matriz para tomada de decisão, com diversas tecnologias que vão além de fossa e sumidouro, proposta semelhante à árvore de decisão de Magalhães Filho et al. (2019). O *Plano Nacional de Saneamento Rural* contempla a gama de opções tecnológicas do *Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento: Gestão de Efluentes Domésticos – CataloSan* (FUNASA, 2018), incluindo aspectos de aceitação, operação, manutenção, implantação, que auxiliam na gestão e tomada de decisão mais adequada, levando em consideração o acesso à água, a separação das frações do esgoto e o nível de lençol freático. Entretanto, o Brasil ainda é carente de ferramentas e guias neste contexto, e principalmente que incluam noções sobre riscos, contemplando vias de exposição, eventos perigosos, grupos de exposição e medidas tecnológicas e comportamentais que possibilitem a escolha e o uso seguro dessas tecnologias.

O objetivo deste Guia é apresentar os riscos inerentes a sistemas de esgotamento sanitário e o aproveitamento de recursos. Traz os grupos e vias de exposição mais comuns, destacando eventos perigosos, principalmente em relação à operação e manutenção, apresentando as principais medidas que podem ser utilizadas como barreiras para evitar o risco de contrair doenças. A intenção do material é alertar e instruir visando à segurança de usuários e técnicos que lidam e/ou estão de alguma maneira expostos. É importante ressaltar que o Guia não apresenta estudos de avaliação de risco, no entanto, traz elementos importantes para definição de cenários para tais estudos.

2 COMO USAR O GUIA

Este guia pode ser usado tanto por educadores, engenheiros, técnicos e gestores públicos, quanto pela própria comunidade. Serve como suporte no planejamento de sistemas unidomiliares de tratamento de efluentes, levando em conta a segurança do ambiente e das pessoas envolvidas, e também para verificar e garantir a segurança no uso e manutenção de sistemas de saneamento já existentes.

É importante que seja lido na íntegra, para uma melhor compreensão dos conceitos e das práticas recomendadas.

Em “Frações dos resíduos e potenciais perigos para a saúde”, encontramos informações a respeito da composição do esgoto, essenciais para a compreensão dos riscos relacionados a cada tipo de efluente.

Em seguida, discute-se o conceito de risco e os grupos expostos aos riscos, as vias de exposição e os momentos em que os riscos ocorrem (eventos perigosos). Esse detalhamento é necessário para que todas as ações de prevenção e correção possam ser planejadas e implementadas.

Na sequência, são apresentadas as etapas envolvidas no tratamento de efluentes e as tecnologias que podem ser combinadas para atender a todas elas, conteúdos importantes tanto para o entendimento de como escolher e projetar um sistema de saneamento, quanto para minimizar os riscos em cada etapa. As ações recomendadas são detalhadas e exemplificadas no capítulo 10: “Medidas apropriadas para minimização dos riscos”.

Ao final do Guia, todas as ilustrações das tecnologias, grupos e vias de exposição estão disponíveis para impressão e montagem de materiais de apoio a ações socioeducativas e de planejamento. A sugestão é imprimir em papel resistente, de maneira que os sistemas possam ser montados de diversas formas, identificando-se os eventos perigosos e riscos, os grupos expostos e as vias de exposição.

3 FRAÇÕES DOS RESÍDUOS E POTENCIAIS PERIGOS PARA A SAÚDE

Se por um lado o sistema de esgotamento sanitário é vital para garantir a saúde da população, o próprio sistema traz riscos se os devidos cuidados não forem tomados. A preocupação é maior para os sistemas unidomiciliares ou semicoletivos, nos quais, geralmente, os próprios moradores são responsáveis pela operação e manutenção, mas muitas vezes não foram capacitados para tal e não estão cientes dos perigos a que estão expostos.

Os esgotos sanitários contêm elevada concentração de microrganismos derivados principalmente da excreta humana. Parte desses microrganismos são agentes etiológicos de doenças, ou seja, microrganismos patogênicos, dessa forma, o contato direto ou indireto com os esgotos constitui um risco à saúde humana (PAULO et al., 2019). O Quadro 1 apresenta os perigos potenciais à saúde relacionados às diferentes frações e subprodutos do esgoto doméstico e resíduos sólidos orgânicos.

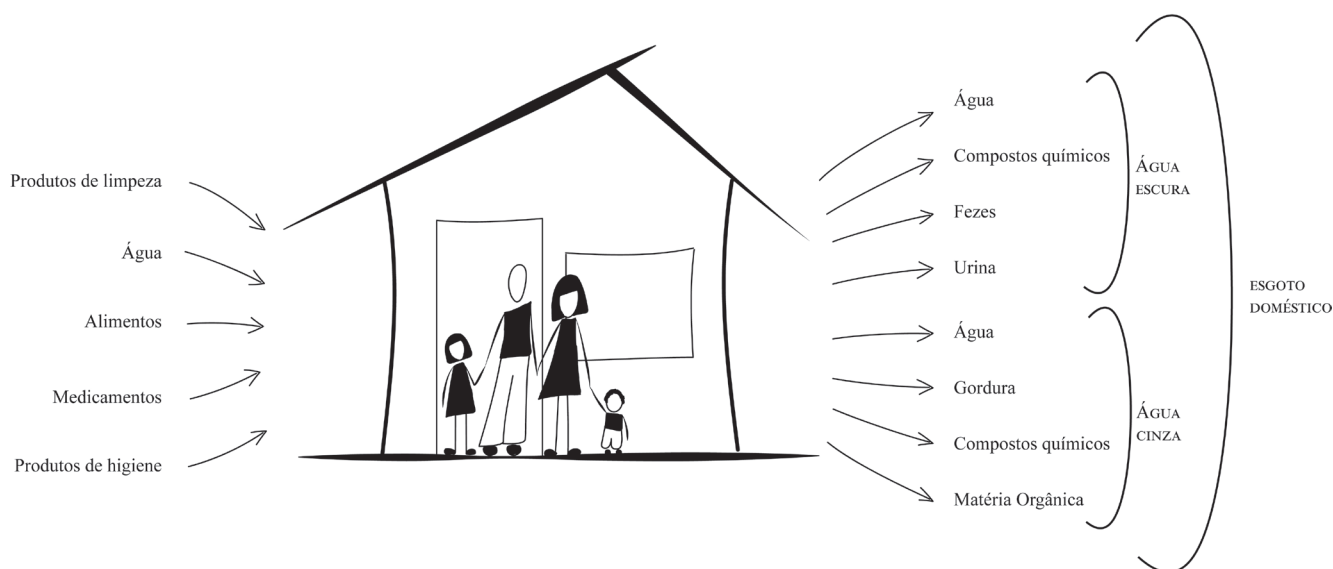
A Figura 1 mostra insumos consumidos na rotina de uma residência e a geração dos efluentes. De forma simplificada, podemos categorizar as frações do esgoto doméstico como água escura – originada da bacia sanitária – e água cinza – proveniente dos demais aparelhos sanitários da casa: lavanderia, ralos e pias.

A água proveniente da bacia sanitária contém água, fezes, urina e eventualmente papel higiênico, medicamentos excretados nas fezes e urina e produtos de limpeza. Constitui a porção que demanda maior atenção e cuidado, por conter elementos patogênicos provenientes das fezes. Mas também é a porção com maior presença de nutrientes, vindos principalmente da urina.

A água cinza pode conter resíduos de produtos de higiene pessoal, sabões, produtos de limpeza, fibras têxteis, além de gordura e matéria orgânica, principalmente geradas na pia da cozinha. Também pode conter eventuais patógenos, pelo contato com fezes no banho ou na lavagem de roupas.

A separação dos tipos de efluentes, incluindo a separação da urina, permite o tratamento e reúso adequados de água cinza e urina para fertirrigação e o tratamento da água da bacia sanitária em sistemas menores, diminuindo o alcance do lançamento de água contaminada no ambiente.

Figura 1. Insumos consumidos e efluentes produzidos na rotina diária de uma residência.



Fonte: Elaboração dos autores.

Quadro 1. perigos potenciais à saúde relacionados às diferentes frações e subprodutos do esgoto doméstico e resíduos sólidos orgânicos.

Fração líquida	Potenciais perigos biológicos					Potenciais perigos químicos		Potenciais perigos físicos		
	Vírus	Bactérias	Protozoários	Helmintos	Doenças transmitidas por vetor	Químicos tóxicos	Metais pesados	Objetos perfurocortantes	Material inorgânico	Maus cheiros
Urina (humana ou animal)	✓	✓	✓	✓						✓
Esgoto doméstico	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
Resíduos orgânicos domésticos	✓	✓			✓					
Resíduos de jardinagem					✓				✓	
Chorume/esterco	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓
Resíduos agrícolas	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Lodo fecal	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓

*Adaptado: OMS, 2016.

4 RISCOS

No conceito de saneamento focado em recursos, existem várias tecnologias que proporcionam o aproveitamento de água, nutrientes e matéria orgânica. No entanto, essa abordagem também pode impactar a saúde humana e o meio ambiente. Nesse caso, além do benefício proporcionado, aspectos relacionados à redução de risco precisam ser considerados.


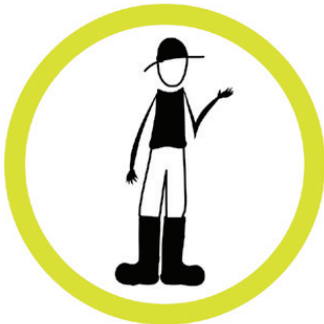


Muitas vezes, os conceitos de risco e perigo são confundidos. O risco sempre está relacionado a alguma ação ou atividade específica. No contexto da saúde pública, o processo de avaliação de risco busca quantificar a probabilidade e a gravidade da doença que um perigo específico pode causar a indivíduos. Dessa forma, podemos dizer que um evento perigoso leva a um risco que, em um estudo de avaliação de risco, pode ser classificado ou quantificado, dependendo da metodologia aplicada. Por exemplo, se um operador faz a manutenção em um sistema de tratamento sem usar equipamento de proteção individual – EPI, corre o risco de ficar doente. O nível desse risco vai depender da probabilidade e da severidade (magnitude) do evento de exposição. Ou seja, de fatores como o número de vezes que o operador se expõe, a concentração de patógenos presentes no esgoto e o volume ingerido.

5 GRUPOS DE EXPOSIÇÃO

Os grupos de exposição (também chamados grupos de risco) considerados no contexto de sistemas descentralizados de tratamento e reúso são: usuários, operador, agricultor e comunidade. Esses grupos estão associados aos diferentes eventos de exposição. Em sistemas unidomiliares, geralmente no grupo dos usuários, o morador também representa o operador e, caso pratique o reúso em sistemas produtivos, este também representa o grupo do agricultor, estando assim bem mais exposto que outros membros da família. No caso de consumo de cultivos irrigados e/ou fertilizados com os produtos dos sistemas de tratamento, os usuários também podem ser chamados de “grupo consumidor”, que também pode ser a comunidade, caso o produto seja comercializado ou a família receba visitas e sirva esses alimentos.

O Quadro 2 mostra os diferentes grupos, definição e respectivas ilustrações que foram utilizados no Guia.

Quadro 2. Grupos de exposição.

Grupos de Exposição	Ilustração	Descrição
<p>Usuário</p>		<p>Uma pessoa que usa o sistema de saneamento com frequência.</p>
<p>Operador</p>		<p>Uma pessoa que é responsável pela manutenção, limpeza, operação ou esvaziamento de um componente do sistema de saneamento.</p>
<p>Agricultor</p>		<p>Uma pessoa que utiliza subprodutos de saneamento (ex.: águas residuais não tratadas, tratadas parcialmente ou totalmente, lodo desidratado (biossólidos), húmus, composto).</p>
<p>Comunidade</p>		<p>Qualquer um que vive perto, ou a jusante, de uma etapa do sistema de saneamento ou área agrícola em que os recursos e subprodutos de saneamento são usados, e pode ser afetado de forma passiva.</p>

Fonte: Elaboração dos autores.

https://drive.google.com/file/d/1wQBDA_v4EluZiKhPNNVI6Km6xQG09x9C/view?usp=sharing

6 VIAS DE EXPOSIÇÃO

As vias de exposição são rotas através das quais os patógenos podem acessar o hospedeiro. Em atividades relacionadas com a água, há três rotas principais de entrada de agentes patogênicos no hospedeiro: inalação, contato com a pele e ingestão oral (WHO, 2012; Stenström et al., 2011; Bitton, 2005):

1. Inalação: os agentes patogênicos podem ser transportados pelo ar em forma de gotículas de água, podendo entrar no trato respiratório superior humano durante atividades que resultem na produção de aerossóis.

2. Contato dérmico: o contato direto da fonte de contaminação com cortes ou feridas na pele, olhos ou ouvidos são pontos potenciais de acesso de microrganismos patogênicos ao corpo humano.

3. Ingestão: a ingestão é a principal rota de acesso de microrganismos fecais que infectam o trato gastrointestinal humano.

O Quadro 3 apresenta uma lista de 9 vias de exposição relacionadas a 3 rotas e associadas às tecnologias de tratamento, disposição e reúso de esgoto doméstico apresentadas no contexto deste Guia.

Quadro 3. Vias de exposição

Via de Exposição	Ilustração	Descrição
<p>Ingestão</p>		<p>Transferência da excreta (urina e/ou fezes) e/ou água de reúso) por meio de contato direto com a boca, mãos ou itens que tenham contato com a boca.</p>
<p>Contato dérmico</p>		<p>Infecção pela entrada do patógeno por meio do contato com a pele (feridas abertas, mãos, pés ou outras partes do corpo).</p>
<p>Contato com vetores</p>		<p>Transferência mecânica de excreta da mosca para a pessoa ou itens alimentícios. Picadas de mosquitos ou outros insetos também podem transmitir doenças.</p>
<p>Inalação de aerossóis e/ou partículas</p>		<p>Inalação de gotículas de água e partículas, perceptíveis ou não, que carregam dose de patógenos advindos de uma etapa do sistema de saneamento.</p>
<p>Contaminação de águas subterrâneas e/ou superficiais</p>		<p>Ingestão de água contaminada extraída de uma fonte subterrânea ou superficial.</p>

Via de Exposição	Ilustração	Descrição
<p>Contato com água de reúso</p>		<p>Contato com a água de reúso no momento da aplicação/disposição no solo.</p>
<p>Consumo de produção vegetal</p>		<p>Consumo de culturas cujo crescimento ocorreu em áreas irrigadas ou fertilizadas com produtos sanitários, ou em locais onde ocorreram contaminações acidentais.</p>
<p>Contato com material de compostagem</p>		<p>Manipulação do conteúdo de composteira sem os devidos cuidados.</p>
<p>Quedas</p>		<p>Contato com resíduos devido a quedas ocorridas em alguma etapa do sistema (ex.: falta de tampa, tampa quebrada, poças de efluentes).</p>
<p>Vazamentos</p>		<p>Contato com resíduos resultantes de vazamentos ou transbordamentos em consequência de construção ou manutenção inadequada.</p>

7 EVENTOS PERIGOSOS

São eventos nos quais as pessoas estão expostas a um perigo no sistema de esgotamento sanitário. Pode ser um incidente ou situação que: i) introduz um perigo para o ambiente no qual os seres humanos vivem ou trabalham, ii) aumenta o perigo, ou iii) falha ao evitar o perigo (OMS, 2016).

De uma forma simplificada, é possível classificar os eventos perigoso em 5 grupos:

1. Eventos perigosos relacionados com a operação em condições normais de funcionamento do sistema (ex.: infraestrutura deteriorada, sobrecarga do sistema, falta de manutenção, comportamentos inadequados);

2. Eventos perigosos devido a uma falha do sistema ou a um incidente (ex.: falha parcial ou total do tratamento, falhas de energia, avaria de equipamento, erro do operador);

3. Eventos perigosos relacionados com fatores sazonais ou climáticos (ex.: inundações ou seca, mudanças sazonais de comportamento por parte dos trabalhadores agrícolas, trabalhadores agrícolas sazonais);

4. Eventos perigosos ou perigos indiretos (ex.: perigos que potencialmente afetam as pessoas não diretamente envolvidas na cadeia de saneamento, tais como parasitas, vetores ou os efeitos nas comunidades a jusante);

5. Perigos cumulativos (ex.: químicos nos solos).

8 ETAPAS ENVOLVIDAS NA GESTÃO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS

Os diferentes componentes do esgoto passam por diferentes etapas (Figura 2) até serem reinseridos nos ciclos naturais como recursos. Existem tecnologias específicas para cada uma das etapas e tecnologias que cobrem mais de uma etapa, dependendo do contexto e do arranjo escolhido.

Figura 2. Etapas envolvidas na gestão de efluentes domésticos conforme definidas no CataloSan (FUNASA, 2018).

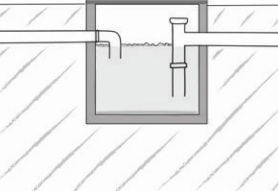
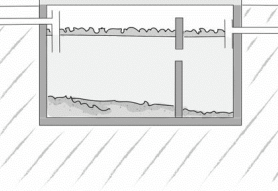


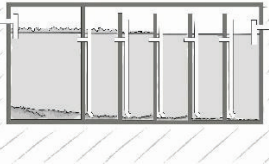
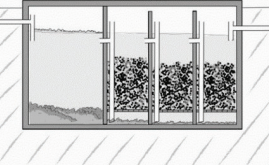
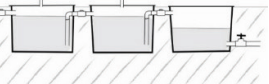
- 1. Interfaces com o usuário** - São os aparelhos sanitários que geram os diversos tipos de efluentes (pias, bacia sanitária, tanque etc.).
- 2. Armazenamento, direcionamento e transporte** - São os dispositivos que servem de apoio às tecnologias propriamente ditas (tubulações, caixa de passagem, ralo etc.).
- 3. Separação de sólidos e gorduras** - As gorduras são menos densas que a água e têm a tendência de flotar (boiar), permitindo sua remoção em caixas de gordura e tanques de sedimentação. Já as partículas mais densas que a água tendem a decantar ao fundo dos recipientes.
- 4. Digestão da matéria orgânica** - A decomposição da matéria orgânica em minerais solúveis e gases pode ocorrer em diversas etapas. Aqui estamos considerando principalmente a decomposição anaeróbia (sem ar).
- 5. Uso de nutrientes e remoção de patógenos** - Os minerais disponibilizados pela decomposição da matéria orgânica da etapa anterior podem ser aproveitados para a nutrição de plantas. A redução de patógenos também ocorre, em parte, na etapa de digestão.
- 6. Reúso ou destino final** - Última etapa da gestão, após a qual o efluente não retorna. A disposição final deve ser feita prioritariamente no solo, sendo que a abordagem do saneamento focado em recursos desaconselha a disposição de efluentes em corpos d'água.

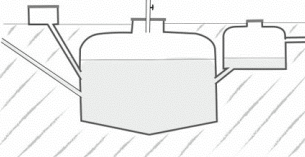
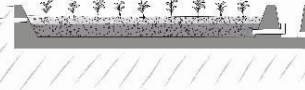
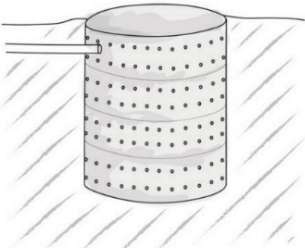
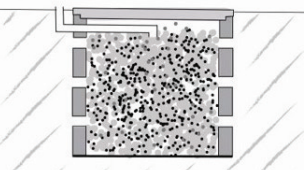
9 TECNOLOGIAS

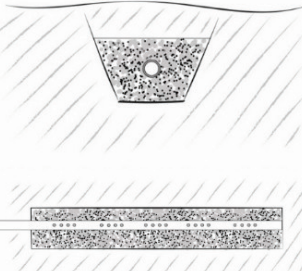
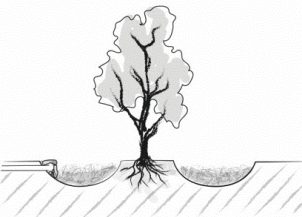

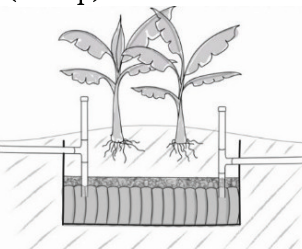
O Quadro 4 mostra diversas tecnologias utilizadas para tratamento ou disposição de esgoto doméstico ou suas frações. Com o objetivo de levantar os eventos de exposição durante operação e manutenção, esses aspectos são apresentados com as entradas e saídas de cada tecnologia. Foram selecionadas todas as tecnologias apresentadas no CataloSan e acrescentadas as tecnologias arbor-loo, vermifiltro e compostagem.

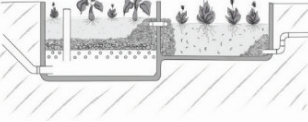
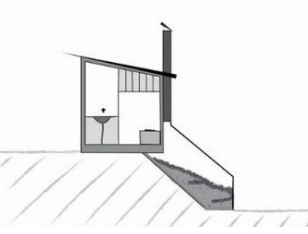
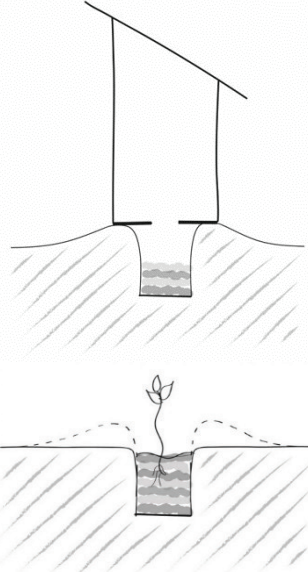
Quadro 4. Seleção de tecnologias utilizadas para tratamento ou disposição de esgoto doméstico ou suas frações.

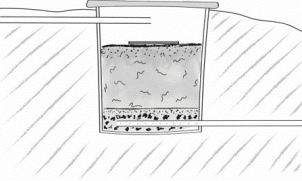
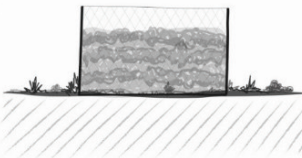
Tecnologias	Etapa(s)	Entradas e Saídas	Aspectos de Operação e Manutenção (O&M)
<p>Caixa de gordura</p> 	<p>Separação de sólidos e gorduras.</p>	<p><u>Entrada:</u> água cinza da pia da cozinha. <u>Saída:</u> gordura endurecida; água cinza; e restos de alimentos.</p>	<p>- Remoção da gordura, frequência mínima aproximadamente 6 meses.</p>
<p>Tanque séptico</p> 	<p>- Separação de sólidos e gorduras; - Digestão da matéria orgânica.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente da caixa de gordura, água escura, e demais frações da água cinza. <u>Saída:</u> O efluente, que deve ser encaminhado a sistemas de pós-tratamento como zona de raízes, filtro anaeróbio, posteriormente disposto em sumidouro, valas de filtração, ou encaminhado à rede coletora de esgoto.</p>	<p>- O lodo e a espuma acumulados nos tanques devem ser removidos a intervalos equivalentes ao período de limpeza previstos em projeto; - A remoção periódica de lodo e espuma deve ser feita por profissionais especializados que disponham de equipamentos adequados, para garantir o não contato direto entre pessoas e lodo; - É obrigatório o uso de botas e luvas de borracha. Em caso de remoção manual, é obrigatório o uso de máscara adequada de proteção (NBR 7229/1993); - Intervalo de limpeza conforme tabela 3 da NBR 7229/1993.</p>

Tecnologias	Etapa(s)	Entradas e Saídas	Aspectos de Operação e Manutenção (O&M)
<p>Tanque séptico compartimentado</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separação de sólidos e gorduras; - Digestão da matéria orgânica. 	<p><u>Entrada:</u> efluente, água escura, água marrom, água cinza. <u>Saída:</u> efluente, gases e lodo (o efluente requer tratamento para patógenos e nutrientes).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O lodo e a espuma acumulados nos tanques devem ser removidos a intervalos equivalentes ao período de limpeza previstos em projeto; - A remoção periódica de lodo e espuma deve ser feita por profissionais especializados que disponham de equipamentos adequados, para garantir o não contato direto entre pessoas e lodo; - É obrigatório o uso de botas e luvas de borracha. Em caso de remoção manual, é obrigatório o uso de máscara adequada de proteção (NBR 7229/1993); - Intervalo de limpeza conforme tabela 3 da NBR 7229/1993.
<p>Filtro anaeróbio</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separação de sólidos e gorduras - Digestão da matéria orgânica. 	<p><u>Entrada:</u> água escura ou efluente proveniente de sistemas de pré-tratamento. <u>Saída:</u> efluente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conforme NBR 13969/1997, o filtro anaeróbio deve possuir uma cobertura em laje de concreto, com a tampa de inspeção localizada em cima do tubo-guia para drenagem; - O filtro anaeróbio deve ser limpo quando for observada a obstrução do leito filtrante, observando-se o que é disposto na NBR 13969/1997; - Conforme a normativa, os despejos resultantes da limpeza do filtro anaeróbio em nenhuma hipótese devem ser lançados em cursos de água ou nas galerias de águas pluviais. Seu recebimento em Estações de Tratamento de Esgotos é sujeito à prévia aprovação e regulamentação por parte do órgão responsável pelo sistema sanitário local; - No caso de o sistema já possuir um leito de secagem, o despejo resultante da limpeza do filtro anaeróbio deve ser lançado naquele.
<p>Fossa biodigestora</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestão da matéria orgânica. 	<p><u>Entrada:</u> água escura ou marrom (bacia sanitária), esterco. <u>Saída:</u> Efluente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Adicionar uma mistura de 10 litros de água e 10 litros de esterco fresco de bovinos, cabras ou ovelhas, através da válvula de retenção colocada antes da primeira caixa. <u>Frequência:</u> Mensal.

Tecnologias	Etapa(s)	Entradas e Saídas	Aspectos de Operação e Manutenção (O&M)
<p>Biodigestor</p> 	<p>- Digestão da matéria orgânica.</p>	<p><u>Entrada:</u> Esterco fresco e resíduos orgânicos, água escura e água marrom. <u>Saída:</u> Biogás, lodo e efluente.</p>	<p>- Para dar partida no sistema, deve ser feita a inoculação, com a adição de esterco de vaca ou lodo de fossas sépticas; - Os resíduos orgânicos utilizados como substrato devem ser triturados e misturados com água antes da alimentação; - A válvula e os condutos do biogás devem ser regularmente limpos, de modo que corrosão e vazamentos sejam evitados.</p>
<p>Wetlands construídos</p> 	<p>- Uso de nutrientes e redução de patógenos.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente de sistema de remoção de gorduras e sólidos, preferencialmente originário de água cinza e efluente de sistema de digestão de matéria orgânica. <u>Saída:</u> biomassa das plantas e efluente.</p>	<p>- Manejo e poda das plantas. <u>Frequência:</u> quando necessários, conforme crescimento da cultura. - Observar visualmente a entrada do sistema para detectar possível processo de colmatção (entupimento). <u>Frequência:</u> mensal.</p>
<p>Sumidouro</p> 	<p>- Destinação final.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente de tanque séptico ou outra forma de tratamento. <u>Saída:</u> água para recarga de aquífero.</p>	<p>- Conforme a NBR 13969/1997, a obstrução das superfícies internas do sumidouro é mais precoce do que em valas de infiltração. Na ocasião da substituição por outro poço, recomenda-se a exposição ao ar livre das paredes internas do sumidouro substituído, durante pelo menos seis meses, para permitir a recuperação da capacidade infiltrativa. Neste período deve-se isolar a área ou tampar o sumidouro com uma grade, para evitar acidentes.</p>
<p>Poço de infiltração</p> 		<p><u>Entrada:</u> efluente tratado, água cinza, água amarela. <u>Saída:</u> água para armazenamento no solo e recarga de aquífero.</p>	<p>- Não tem norma. Sugere-se que a O&M seja a mesma do sumidouro. Entretanto, o poço de infiltração é utilizado para águas cinzas e águas amarelas, por isso são menores os riscos inerentes ao sumidouro.</p>

Tecnologias	Etapa(s)	Entradas e Saídas	Aspectos de Operação e Manutenção (O&M)
<p>Vala de infiltração</p> 	<p>- Reúso ou destinação final.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente tratado, água cinza, água amarela. <u>Saída:</u> água para recarga de aquífero e armazenamento de água no solo.</p>	<p>- Conforme NBR 13969/1997, para manutenção da condição aeróbia no interior da vala de infiltração e desobstrução dos poros do solo (colmatação), deve ser previsto uso alternado de valas; - O número mínimo de valas deve ser dois, cada um correspondendo a 100% da capacidade total necessária. Pode-se optar por três valas, cada uma com 50% da capacidade total. As valas devem ser alternadas em um prazo máximo de seis meses. No caso do uso da vala de infiltração para água cinza e água amarela, os riscos são menores do que do esgoto doméstico sem separação.</p>
<p>Filtro de Mulche</p> 	<p>- Reúso ou destinação final.</p>	<p><u>Entrada:</u> pequenas quantidades de água cinza ou efluentes tratados. <u>Saída:</u> água para recarga de aquífero, biomassa das plantas.</p>	<p>- Manejo das plantas; - Colheita de Frutos; - Reposição superficial de mulche.</p>
<p>Círculo de bananeiras</p> 	<p>- Separação de sólidos e gorduras; - Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos; - Reúso ou destinação final.</p>	<p><u>Entrada:</u> Madeiras, folhas secas e palhas, água cinza e água amarela. <u>Saída:</u> composto orgânico, frutos e biomassa das plantas, água para recarga de aquífero e armazenamento de água no solo</p>	<p>- Manejo das bananeiras; - Colheita de frutos; - Adição de resíduos de podas; - Retirada de húmus.</p>
<p>Tanque de Evapotranspiração (TEvap)</p> 	<p>- Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos. - Reúso e destinação final.</p>	<p><u>Entrada:</u> água escura ou marrom. <u>Saída:</u> biomassa, frutos e água evapotranspirada, eventual efluente concentrado.</p>	<p>- Manejo das plantas; - Colheita de frutos.</p>

Tecnologias	Etapa(s)	Entradas e Saídas	Aspectos de Operação e Manutenção (O&M)
<p>EvaTAC – Evapotranspiração e Tratamento de Água Cinza</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos; - Reúso ou destinação final. 	<p><u>Entrada:</u> água cinza clara, efluente de caixa de gordura, água escura.</p> <p><u>Saída:</u> biomassa das plantas e efluente, que podem ser utilizados para disposição no solo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo das plantas; - Verificar a altura do lodo na câmara de digestão anaeróbia para definir necessidade de remoção de lodo. <p><u>Frequência:</u> semestral.</p>
<p>Sanitário seco compostável</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos; - Reúso ou destinação final. 	<p><u>Entrada:</u> fezes, urina, material secante, papel higiênico.</p> <p><u>Saída:</u> matéria orgânica estabilizada para condicionamento de solos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A cada uso, as fezes devem ser cobertas com uma mistura de materiais secantes, sobretudo serragem; - Remoção do conteúdo de uma das câmaras. <p><u>Frequência:</u> anual.</p>
<p>Arborlooo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos; - Reúso ou destinação final. 	<p><u>Entrada:</u> fezes, urina, papel higiênico e mistura secante (terra + cinza).</p> <p><u>Saída:</u> biomassa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A cada uso, as fezes devem ser cobertas com solo e/ou mistura de materiais secantes, disponíveis na região; - Observar o uso para evitar o extravasamento, deixando no mínimo 30 cm de espaço para o fechamento com solo e plantio da muda.

Tecnologias	Etapa(s)	Entradas e Saídas	Aspectos de Operação e Manutenção (O&M)
<p>Vermifiltro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separação de sólidos e gorduras; - Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos; - Reúso ou destinação final. 	<p><u>Entrada:</u> efluente da bacia sanitária, água cinza, esgoto doméstico ou esgoto pré-tratado.</p> <p><u>Saída:</u> efluente líquido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • O destino do esgoto após tratamento pelo vermifiltro deverá ser avaliado de acordo com a sua qualidade, sempre observando os limites estipulados pela legislação ambiental e as formas corretas de disposição final, de acordo com as características ambientais locais. 	<ul style="list-style-type: none"> - Remover o excesso de húmus de minhoca da camada superficial e repor serragem até a altura inicial dessa camada. <p><u>Frequência:</u> semestral.</p>
<p>Compostagem</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestão da matéria orgânica; - Uso de nutrientes e redução de patógenos; - Reúso ou destinação final. 	<p><u>Entrada:</u> materiais orgânicos não contaminados.</p> <p><u>Saída:</u> composto.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Adicionar materiais de cozinha e de jardim durante o processo. Evitar a formação de camadas espessas de um único tipo de material; - Cobrir sempre os resíduos orgânicos da cozinha com grama cortada seca ou outro material semelhante que cubra bem os materiais, evitando a entrada de insetos. - Dar preferência para materiais mais finos. Quando a composteira estiver cheia ou a pilha/leira estiver na altura recomendada, deve-se parar de colocar material fresco, cobri-la e iniciar o enchimento de uma nova composteira ou formação de uma nova pilha/leira; - Revolver/mexer o material para favorecer a aeração. - Caso haja mau cheiro, excesso de umidade e/ou baixa aeração: revolver a leira e cobrir com composto maduro. - Podem também ser adicionados papel picado ou folhas secas; - No caso de aparecimento de fungos (cor branco acinzentada), ou o no caso do material não estar esquentando nem diminuindo de volume, o material pode estar muito seco, a solução é revolver e adicionar água; - Presença de moscas: cobrir o monte de folhas secas, terra ou composto maduro. Se o material apresentar cheiro de amônia, adicionar mais material seco.

10 MEDIDAS APROPRIADAS PARA MINIMIZAÇÃO DOS RISCOS

10.1 PRINCÍPIO DE MÚLTIPLAS BARREIRAS

Para cada perigo ou evento perigoso detectado, deve-se identificar quais medidas de controle são necessárias para prevenir, eliminar ou reduzir o perigo a um nível aceitável (Brasil, 2012). Os sistemas de saneamento devem servir como uma barreira ou uma série de barreiras contra diferentes tipos de patógenos. Uma barreira significa uma parte da cadeia de tratamento ou manuseio que reduz substancialmente o número de patógenos (Stenström et al., 2011). As barreiras podem então ser consideradas medidas de prevenção e controle, podendo ser referentes a tecnologias ou a comportamentos. Para este Guia, seguiu-se a abordagem proposta por Stenström et al. (2011), que considera o esgotamento sanitário um sistema que abrange componentes técnicos (referente às etapas e tecnologias usadas no sistema) e não técnicos (comportamentais) que trabalham em sinergia para proteger a saúde humana.

10.2 MEDIDAS DE PREVENÇÃO E CONTROLE

Denominamos, aqui, medidas de prevenção e controle as medidas que podem ser usadas para mitigar (minimizar) os riscos relacionados aos eventos perigosos a que diferentes grupos de exposição (Quadro 2) podem estar expostos, em diferentes etapas do sistema (Figura 2 e Quadro 4).

Após a aplicação do tratamento, o risco subsequente de transmissão de doenças está relacionado à fração de patógenos remanescentes após a redução proporcionada pela barreira tecnológica, ao uso do próprio sistema de saneamento, bem como ao manuseio ou uso dos produtos finais. Uma linha de barreiras de tratamento (diferentes etapas) funcionando bem ainda deve ser avaliada em relação aos riscos de transmissão de doenças inter-relacionados para aqueles que usam o sistema (eventos perigosos ou perigos indiretos), manuseando os produtos finais ou consumindo colheitas fertilizadas com eles.

As medidas de cunho técnico podem ser a tecnologia em si (como barreira para redução de patógenos), qualidade do projeto e execução da obra e qualidade da operação e manutenção. As medidas comportamentais dependem de valores e preferências individuais (ex.: medos, fobias, hábitos), restrições (ex.: custo, tempo, interesses), sentido de responsabilidade e percepções e práticas socioculturais, podendo ser reforçadas com a promoção da saúde e higiene (OMS, 2016). Alguns exemplos destas medidas são: uso de EPIs, higienização das mãos, desinfecção, limpeza e cozimento de produtos agrícolas. As medidas comportamentais são muitas vezes combinadas com as medidas técnicas. No Quadro 5, apresentamos de forma agrupada e resumida uma gama de medidas que podem ser consideradas para minimização de riscos de acordo com o evento perigoso, etapa e via de

exposição. O quadro serviu como base para montar alguns cenários, utilizando diferentes arranjos, para exemplificar a aplicação do conteúdo apresentado neste Guia.

Quadro 5. Exemplos de eventos perigosos relacionados com as etapas e vias de exposição a que os diferentes grupos podem estar expostos, bem como sugestão de medidas de prevenção e controle a serem tomadas para minimização do risco.

Eventos perigosos	Etapas de exposição	Vias de exposição	Medidas	
			Técnicas	Comportamentais
<ul style="list-style-type: none"> • Construção inadequada; • Operação e manutenção inadequada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interface com o usuário; • Armazenamento, direcionamento e transporte; • Separação de sólidos e gorduras; • Digestão da matéria orgânica; • Uso de nutrientes e redução de patógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contato com vetores; • Contaminação de águas subterrâneas e/ou superficiais; • Vazamento; • Queda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construção adequada (projeto, materiais e mão de obra com qualidade); • Manutenção e limpeza periódica de acordo com o requerido pela tecnologia empregada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ferver a água antes do consumo; • Usar calçados apropriados nos arredores do sistema; • Remover restos de alimentos e resíduos de utensílios domésticos antes de lavar a louça (para evitar sobrecarga na caixa de gordura e entupimento da canalização); • Remover cabelos e fiapos dos ralos de chuveiro, tanque e lavatórios (para evitar entupimentos na canalização); • Evitar circulação dos usuários no local.

Eventos perigosos	Etapas de exposição	Vias de exposição	Medidas	
<ul style="list-style-type: none"> Exposição ao esgoto e/ou suas frações durante reparação e/ou manutenção/limpeza. 	<ul style="list-style-type: none"> Interface com o usuário; Armazenamento, direcionamento e transporte; Separação de sólidos e gorduras; Digestão da matéria orgânica; Uso de nutrientes e redução de patógenos; Reúso ou destinação final. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingestão; Contato dérmico; Contato com água de reúso; Contato com material de compostagem 		<ul style="list-style-type: none"> Uso de EPIs durante o serviço; Lavar as mãos após o serviço (higiene);
<ul style="list-style-type: none"> Exposição a gases gerados durante o tratamento; Exposição a gotículas de esgoto ou água de reúso durante manutenção dos sistemas e/ou aplicação de água de reúso. 	<ul style="list-style-type: none"> Interface com o usuário; Digestão da matéria orgânica; Uso de nutrientes e redução de patógenos; Reúso ou destinação final. 	<ul style="list-style-type: none"> Inalação de aerossóis e/ou partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> Escolher o método de irrigação adequado (subsuperficial); Cuidados na conservação da cobertura (tampas) da etapa de digestão de matéria orgânica. 	<ul style="list-style-type: none"> Dar descarga com tampa da bacia sanitária fechada; Manter o rosto distante durante o serviço; Uso de EPIs durante o serviço; Evitar circulação dos usuários no local.
<ul style="list-style-type: none"> Consumo de: <ul style="list-style-type: none"> *alimentos crus, e/ou sem cozimento e/ou sem higienização. *alimentos cultivados com composto e/ou húmus originado de sanitário seco, e/ou urina, e/ou água de reúso. 	<ul style="list-style-type: none"> Reúso ou destinação final. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de produtos agrícolas contaminados. 	<ul style="list-style-type: none"> Escolher a cultura adequada; Controle de aplicação pré-colheita; Escolher o método de irrigação adequada. 	Fazer o procedimento adequado antes do consumo: <ul style="list-style-type: none"> Se consumidos crus: lavar e desinfetar; Se consumidos cozidos: lavar e cozinhar.

Fonte: Elaboração dos autores.

11 MONTAGEM DE CENÁRIOS DE RISCO

A exposição pode ocorrer em diferentes etapas do sistema, bem como os grupos expostos podem variar ao longo das etapas envolvidas no arranjo selecionado para o tratamento. A elaboração de um cenário de risco depende fortemente do contexto local. Para exemplificar, utilizamos aqui como base uma habitação localizada em zona urbana ou rural, sem atendimento pela rede de esgotamento sanitário. Na moradia, habitam 4 pessoas, sendo 2 adultos e 2 crianças, que recebem visitas esporadicamente. Aplicamos diferentes arranjos tecnológicos para atender essas condições, totalizando 10 cenários, buscando esclarecer os eventos perigosos relacionados a cada grupo de exposição.

É importante ressaltar que o fato de uma família ter um sistema de esgotamento sanitário localizado em seu terreno torna a família (usuários) um grupo de exposição. No entanto, em sistemas projetados, construídos e mantidos adequadamente a exposição é mínima. Uma das medidas preventivas efetivas é o isolamento da área onde o sistema está implantado, evitando a exposição, especialmente de crianças. Geralmente, na zona rural, onde a disponibilidade de área é maior, é possível construir os sistemas mais distantes da habitação.

No caso de sistemas unidomiciliares, a comunidade estará exposta em caso de contaminação do lençol freático por vazamentos ou infiltração nas águas subterrâneas. O risco é mínimo, tanto para os usuários quanto para a comunidade quando existe fornecimento de água de concessionária. Por outro lado, o risco é alto tanto para os usuários quanto para a comunidade quando a água usada para fins potáveis é coletada de poços, o que é mais comum em áreas rurais. Outra ocasião de exposição da comunidade é o consumo de alimentos cultivados com água de reúso ou recursos do saneamento, tanto pela comercialização quanto por visita ocasional a famílias que fazem o uso desses recursos. Esse risco só é considerável quando os produtores e consumidores não tomam as medidas preventivas e corretivas.

A presença de vetores torna tanto os usuários (moradores) quanto a comunidade (vizinhança) suscetíveis a riscos de contaminação, sendo imprescindível a manutenção correta dos sistemas, inclusive em regiões atendidas por redes de esgotamento sanitário pois é comum presença de vetores como baratas nas caixas de gordura e ratos nas redes de esgoto. Para detalhes de manutenção das tecnologias propostas nos arranjos abaixo consultar o Quadro 4.

Em todos os cenários, o principal grupo de exposição é o operador do sistema, que com o simples uso de EPIs e higienização das mãos com água e sabão após a manutenção já minimiza os riscos de contaminação. O mesmo se aplica no caso do agricultor. Para sistemas individuais, geralmente a manutenção e/ou aplicação na agricultura é feita pelo pai de família. As medidas preventivas e corretivas apresentadas nos cenários são as principais. Para um detalhamento maior, consultar o Quadro 5.

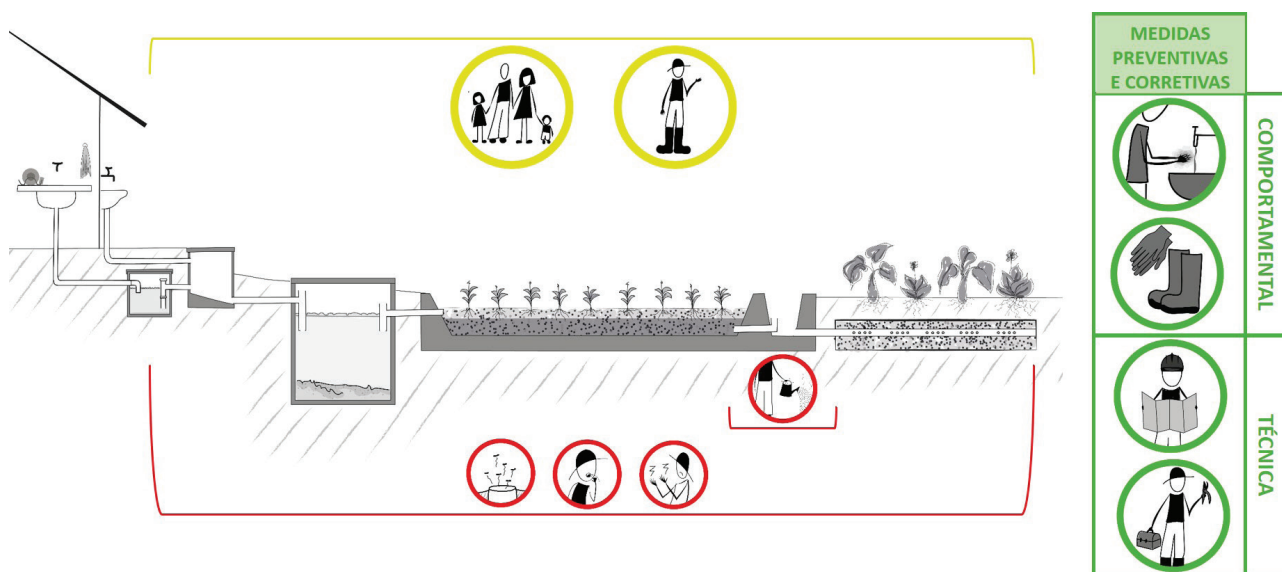
Cenário 1

O cenário ilustrado na Figura 3 foi elaborado para o tratamento de água cinza (todas as frações). O sistema contempla uma caixa de gordura (para a fração provinda da pia da cozinha), uma caixa de passagem – onde todas as frações da água cinza se unem, um tanque séptico e um *wetland* construído (CW) de fluxo horizontal subsuperficial. Para o efluente tratado, pode-se dar 2 destinos: fazer a infiltração em uma vala, que pode ser plantada ou não, ou utilizar o efluente como água de reúso, coletando logo após o CW.

Em condições adequadas de construção, operação e manutenção, os principais eventos de exposição são i) manutenção, ii) coleta e aplicação da água de reúso, iii) circulação de crianças na área do CW e vala de infiltração e iv) consumo de alimentos crus, e/ou sem cozimento e/ou sem higienização, caso estes sejam cultivados com a água de reúso ou na vala de infiltração. As vias de exposição são principalmente a oral e a dérmica. No caso de aplicação da água de reúso também ocorre o risco de inalação, em função dos aerossóis, que são partículas que ficam suspensas no ar por algumas horas e podem ser carregadas pelo vento.

Em eventos ocorridos devido a uma falha do sistema ou a um incidente ou relacionados a fatores sazonais ou climáticos, pode, por exemplo, ocorrer o entupimento do leito do CW e, como consequência, o alagamento da superfície, podendo ocorrer vazamentos e atração de vetores. Para garantir o bom funcionamento do sistema como um todo é importante evitar jogar gorduras e restos de alimentos no ralo da pia da cozinha (medida comportamental).

Figura 3. arranjo tecnológico para água cinza (todas as frações): caixa de gordura + caixa de passagem + tanque séptico + *wetland* construído + vala de infiltração com plantas (opção de reúso paisagístico – vala de infiltração ou coleta da água de reúso após o CW para uso diverso).



Fonte: Elaboração dos autores.

Cenário 2

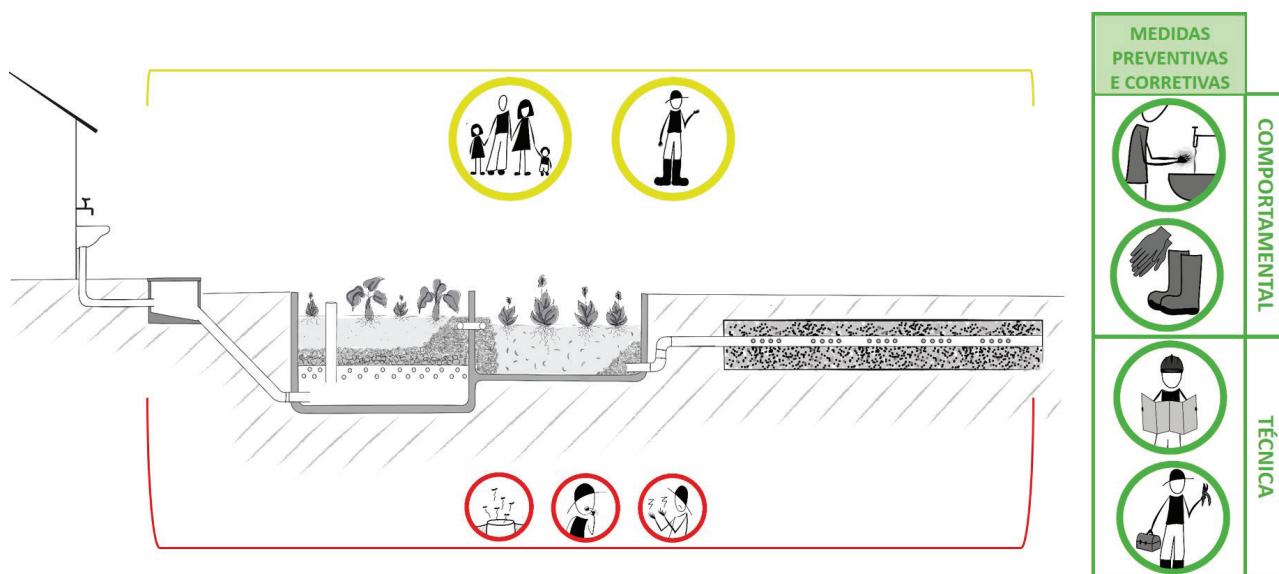
Este arranjo tecnológico é proposto para o tratamento de água cinza clara e é composto de uma caixa de passagem, seguida pelo EvaTAC (Evapotranspiração e tratamento de água cinza) e uma vala de infiltração (Figura 4). Assim como no cenário 1, também é possível fazer o reúso do efluente tratado. No caso de zona urbana, onde existe rede coletora de esgoto, o efluente tratado pode ser descartado na rede.

No caso do EvaTAC, que tem apelo paisagístico, a jardinagem, que faz parte da manutenção do sistema, é um evento de exposição, que geralmente não é visto como tal pois trata-se de poda de plantas. Embora o efluente tratado não fique exposto em nenhuma etapa do sistema é necessário usar luvas durante a jardinagem. Como esse sistema geralmente vai fazer parte do jardim da residência, deve-se alertar as crianças para não tocarem nas plantas do sistema, evitando jogar bola ou qualquer objeto que force a criança a subir no EvaTAC.

O acúmulo de lodo na câmara de digestão é considerado baixo, no entanto pode haver necessidade de remoção, e a altura da camada deve ser verificada a cada 6 meses, como medida preventiva. Caso seja necessária a remoção do excesso de lodo, o serviço deve ser feito por profissionais de “limpa fossa”, assim como é feito em tanques sépticos.

Para este tipo de tecnologia, medidas comportamentais preventivas, como remoção de cabelos e fiapos dos ralos de chuveiro, tanque e lavatórios, são primordiais para evitar entupimentos na canalização e minimizar a formação de lodo. Assim como no CW, falhas na manutenção ou eventos climáticos extremos podem levar ao alagamento do leito.

Figura 4. Arranjo tecnológico para água cinza clara: caixa de passagem + EvaTAC + vala de infiltração (sem reúso do efluente final).



Fonte: Elaboração dos autores.

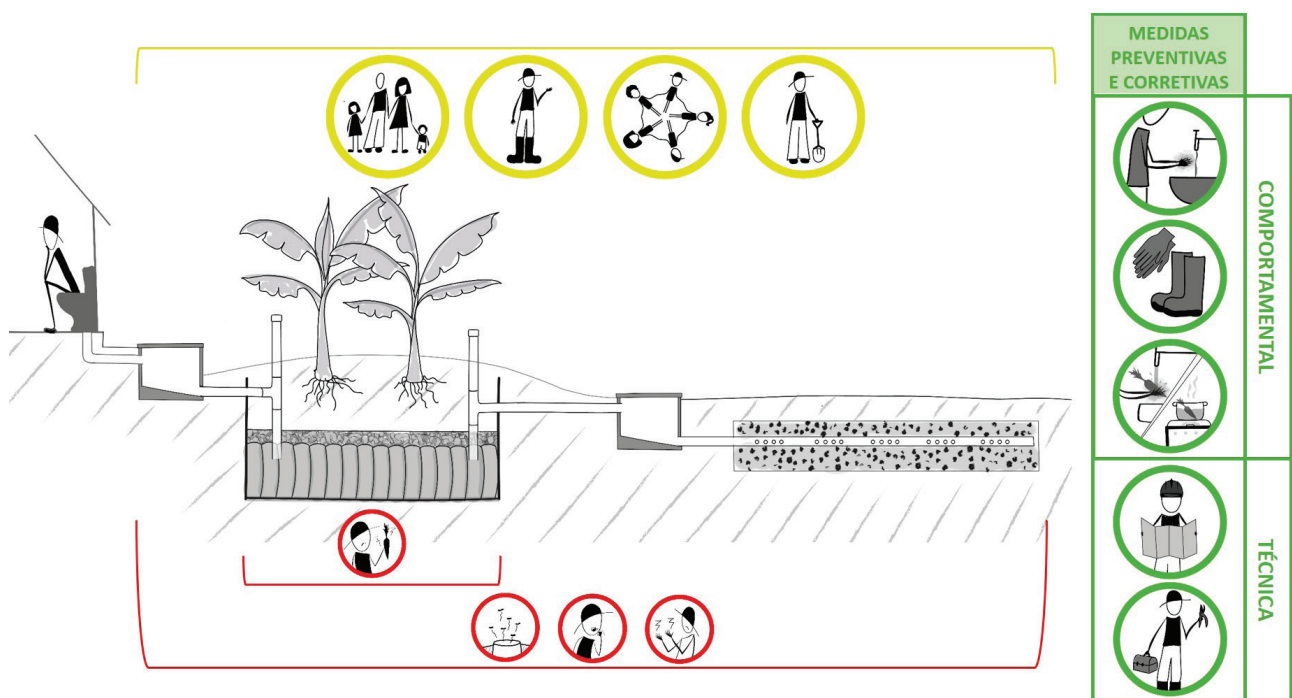
Cenário 3

Este cenário mostra o tratamento da água da bacia sanitária utilizando um tanque de evapotranspiração – TEvap. O arranjo é constituído de duas caixas de passagem: uma antes e outra depois do tanque, para encaminhamento de eventuais efluentes para a vala de infiltração, que pode ser plantada ou não (Figura 5). O TEvap é dimensionado para evaporar todo o esgoto da bacia sanitária, em condições normais de chuvas e de uso do sistema. Em ocasiões de chuvas torrenciais acima da média de precipitação do local e em casos de uso excessivo do banheiro ou descarga desregulada, podem ser produzidos efluentes, que devem ser conduzidos à vala de infiltração.

Portanto, os riscos de contaminação ocorrem em eventos onde há contato direto com o solo do interior do tanque, solo acima da vala de infiltração, partes subterrâneas das plantas manejadas nos sistemas ou conteúdo das caixas de passagem e tubulações, sendo o operador o grupo de maior exposição. Todos os tipos de manutenção no TEvap, nas caixas de passagem e na vala de infiltração devem ser feitas com uso de EPI (principalmente luvas). Após contato com as plantas e solo dos leitos de plantio, deve ser feita a higienização das mãos.

As bananas e outros frutos produzidos no TEvap não apresentam contaminação microbiana, desde que não tenham contato com a terra. Caso outras culturas comestíveis sejam utilizadas, deve-se fazer o procedimento adequado antes do consumo.

Figura 5. Arranjo tecnológico para água escura (bacia sanitária): caixa de passagem + TEvap + caixa de passagem + vala de infiltração.

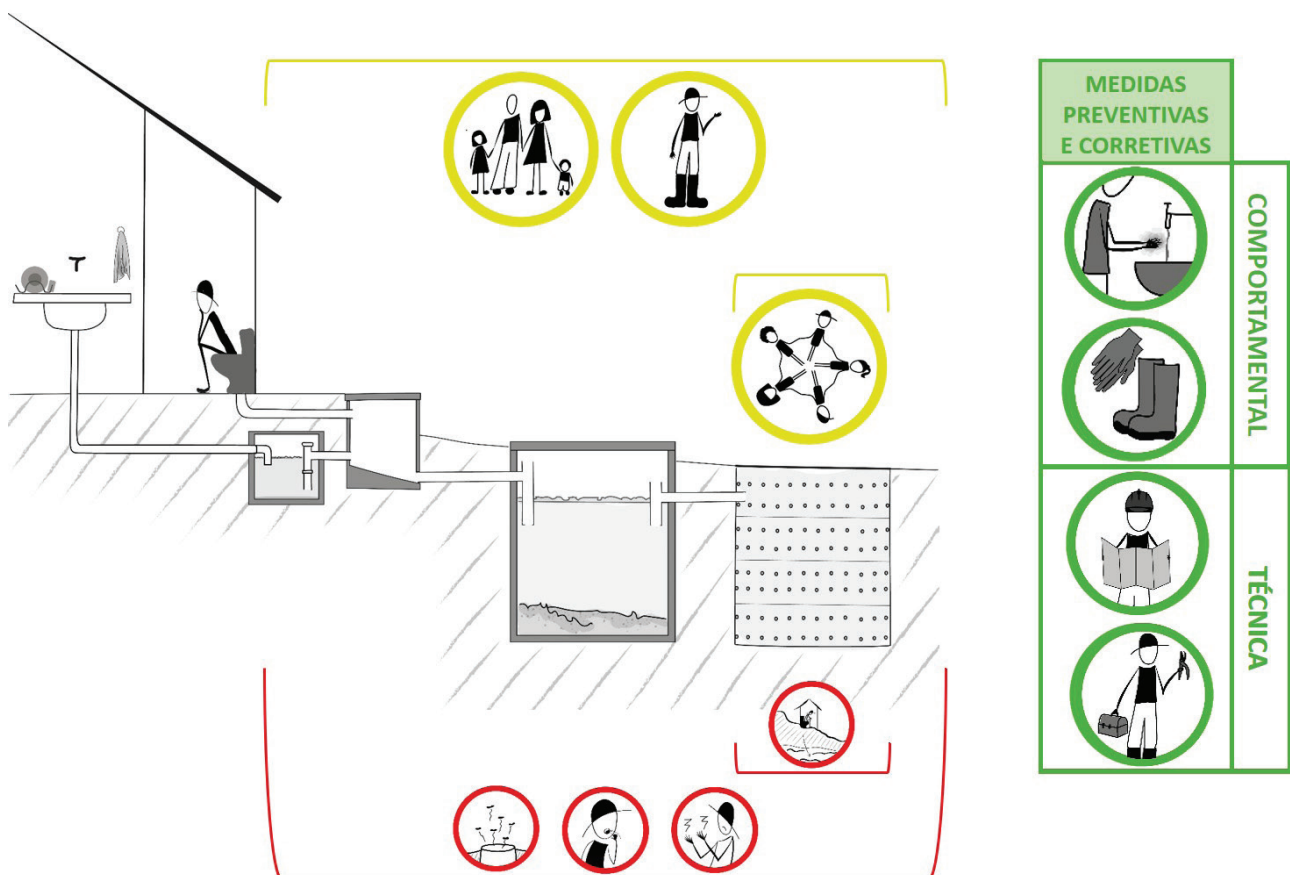


Fonte: Elaboração dos autores.

Cenário 4

A combinação de caixa de gordura (para a fração da cozinha), caixa de passagem (união de todas as canalizações), seguida de tanque séptico e sumidouro (Figura 6) é o arranjo mais utilizado para as áreas que não são atendidas pela rede de esgotamento sanitário. Quando projetado, construído e operado de acordo com as normas (NBR 7229/1993 e NBR 13969/1997) a exposição é baixa, tanto para os usuários quanto para o operador, sendo que o evento de exposição é relacionado ao esvaziamento do tanque séptico, que dever ser realizado por empresa profissional. O principal problema desse tipo de arranjo é que dificilmente é possível saber se foi construído adequadamente, com o dimensionamento correto para evitar sobrecarga, impermeabilização do tanque séptico e a distância mínima do lençol freático para o sumidouro. Nesse caso, tanto os usuários quanto a comunidade podem estar expostos ao consumo de água contaminada, no caso de uso de poços para o abastecimento de água potável, especialmente porque esse arranjo não contempla pós-tratamento após o tanque séptico, infiltrando no subsolo um efluente com qualidade que pode contaminar o lençol freático.

Figura 6. Arranjo tecnológico para esgoto convencional (todas as frações, completo): caixa de gordura + caixa de passagem + tanque séptico + sumidouro.



Fonte: Elaboração dos autores.

Cenário 5

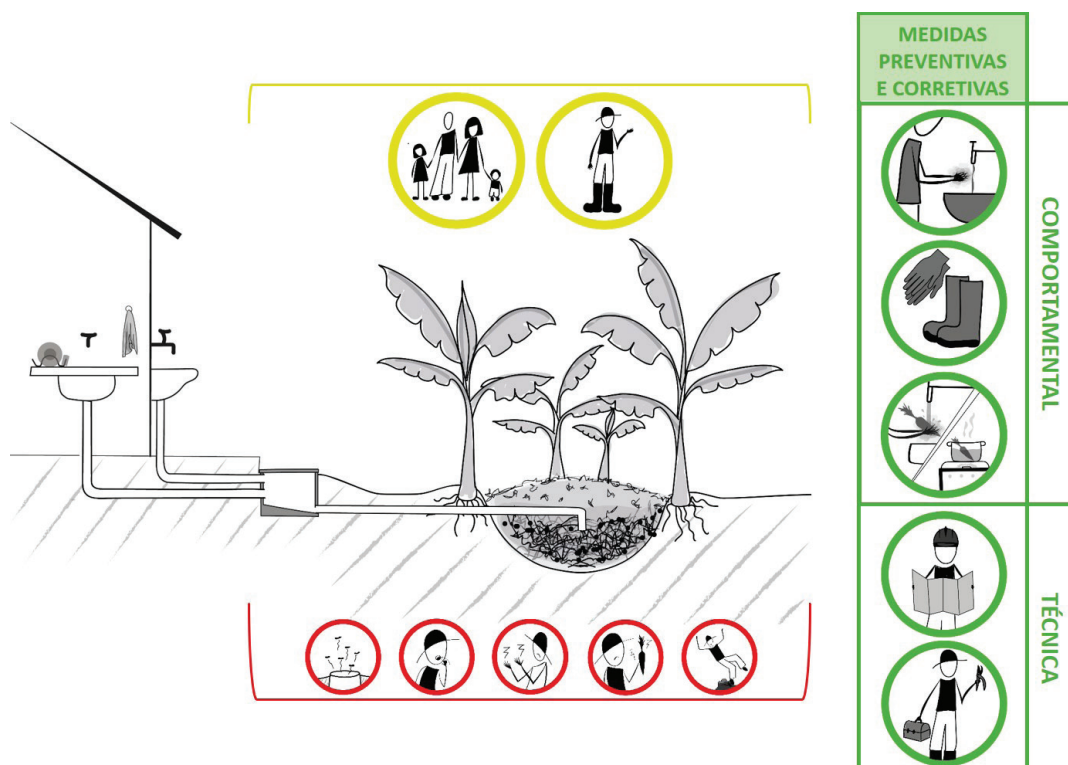
O círculo de bananeiras é adequado para receber tanto a água cinza clara quanto a água cinza da cozinha (que contém mais matéria orgânica). A caixa de passagem só compõe o arranjo quando o círculo receber mais do que uma fração de água cinza (Figura 7).

Os eventos de exposição relacionados a esta tecnologia são má execução do projeto (por exemplo: escavação muito profunda, inclusão desnecessária de caixa de gordura), manipulação de matéria orgânica potencialmente contaminada, risco de queda (no caso de falhas no preenchimento da escavação) e presença de vetores.

Os materiais orgânicos secos adicionados inicialmente vão se decompondo e precisam ser repostos constantemente. Para garantir que o efluente não fique aparente e que não falte matéria orgânica para o funcionamento do sistema, a matéria orgânica deve ser adicionada até 0,30 m acima do solo. A densidade adequada do material também diminui a probabilidade da presença de animais indesejáveis no sistema.

O conteúdo do interior do círculo deve sempre ser considerado contaminado, mesmo recebendo apenas água cinza. No manejo da matéria orgânica e das plantas, deve ser observado o uso de luvas e botas e a adequada higienização das mãos. As crianças devem ser orientadas a não permanecerem no local do círculo, por causa do risco de queda e de contaminação por contato dérmico. Os frutos produzidos no sistema podem ser consumidos normalmente, desde que não tenham contato com o solo. Caso outros tipos de culturas sejam utilizados, deve-se escolher a cultura adequada, além do procedimento adequado antes do consumo (lavagem e cozimento).

Figura 7. Arranjo tecnológico para água cinza (todas as frações): caixa de passagem + círculo de bananeiras.

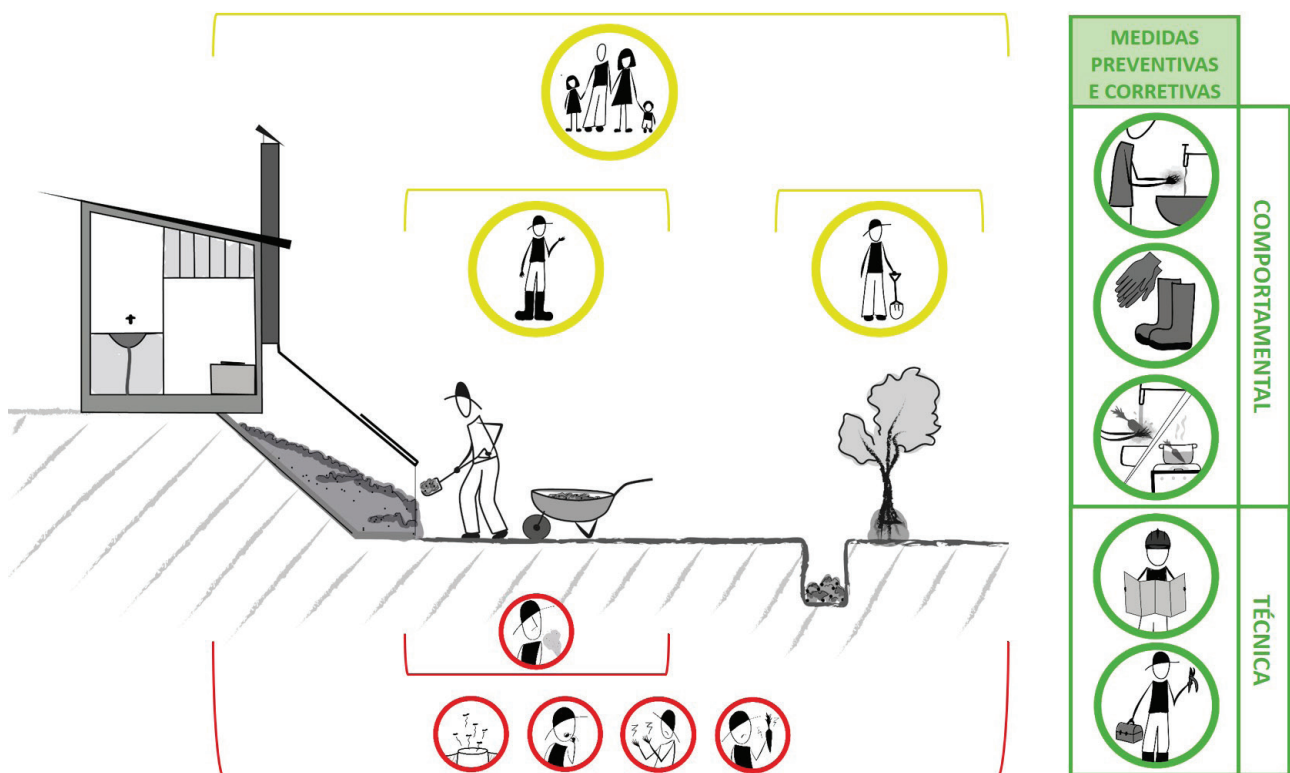


Fonte: Elaboração dos autores.

Cenário 6

Este cenário é composto da interface com o usuário, que é a própria bacia sanitária, combinada com o tratamento das excretas em uma câmara acoplada ao próprio banheiro, denominado sanitário seco compostável (Figura 8). O arranjo também inclui a disposição final do composto em forma de vala para fertilização de árvores. O operador/agricultor estará exposto quando revolver o material, ao encher o carrinho ou balde com o composto pronto e ao descarregá-lo. Nesse evento, a inalação também é uma via de exposição considerável, uma vez que o composto desidratado pode emanar partículas ao ser manuseado. O uso de máscara também é recomendado, no caso. Nesse sistema as medidas preventivas comportamentais são muito importantes para evitar o mau cheiro e proliferação de insetos (adicionando material secante adequadamente e mantendo a tampa da bacia sanitária fechada, entre outras). Para eliminar a via de exposição relacionada à ingestão de alimentos contaminados, o ideal é que o composto não seja utilizado para culturas alimentícias. Caso não seja possível, deve-se escolher a cultura adequada, fazer controle de aplicação pré-colheita e, além disso, fazer o procedimento adequado antes do consumo.

Figura 8. Sanitário seco compostável.

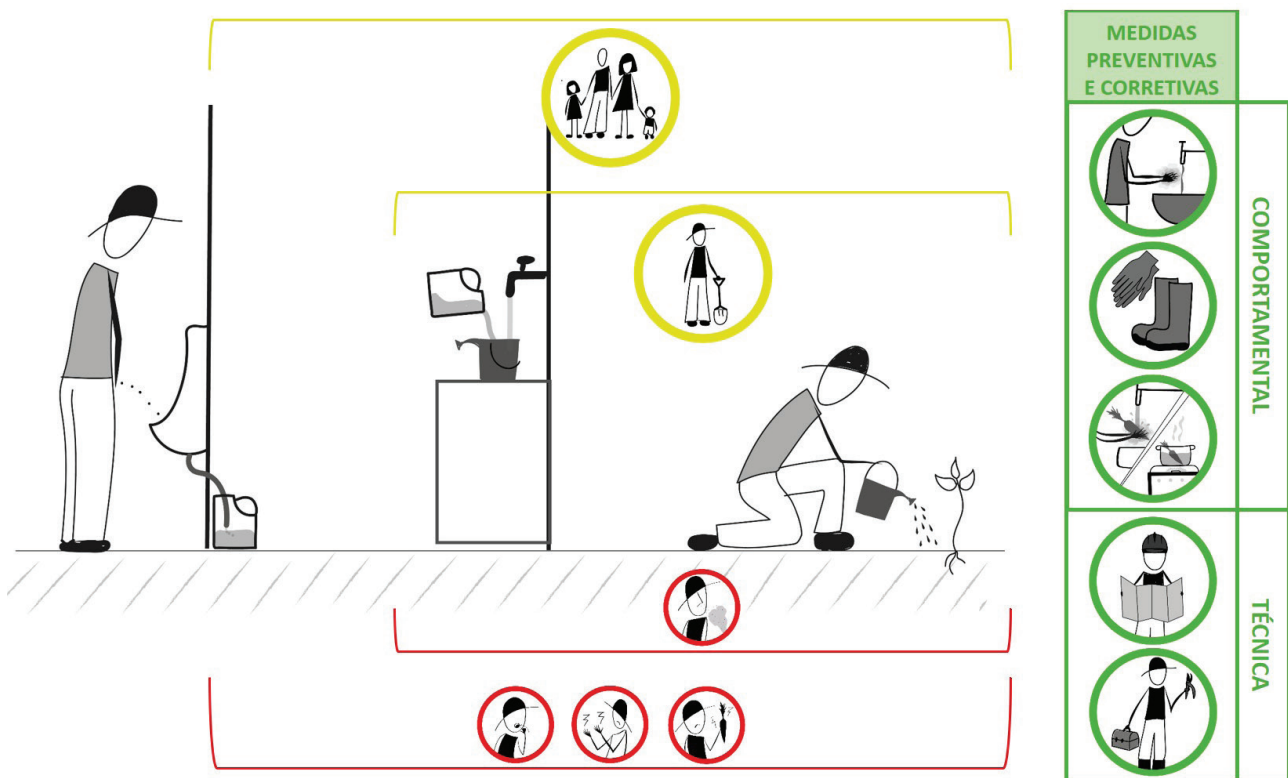


Fonte: Elaboração dos autores.

Cenário 7

A separação da urina é um cenário que pode ser aplicado isoladamente, por exemplo na implementação de mictórios masculinos, ou em bacia sanitária separadora, com ou sem uso de água para descarga. Pode ser uma boa opção para evitar o excesso de umidade em sanitários secos, como o exemplo do Cenário 6. Geralmente, quando em escala unidomiliar, em zona urbana ou rural, a urina coletada é aproveitada localmente. Dessa forma o arranjo tem 4 etapas: coleta, armazenamento, diluição e aplicação (Figura 9), sendo que os eventos de exposição são a diluição, a aplicação e o consumo de alimentos cultivados com a urina. Recomenda-se o uso de EPIs (principalmente luvas) e a escolha do método de irrigação adequado, evitando a emissão de gotículas e aerossóis. Da mesma forma que em todos os cenários que consideram o aproveitamento dos nutrientes da excreta humana ou água de reúso, sugere-se, como medidas para minimização de riscos de contaminação, a escolha adequada da cultura e a realização do procedimento adequado antes do consumo. No caso da irrigação com urina, recomenda-se um intervalo de 30 dias entre a aplicação e a colheita, além de evitar a irrigação direta na planta.

Figura 9. Separação de urina e uso na agricultura para fertilização.



Fonte: Elaboração dos autores.

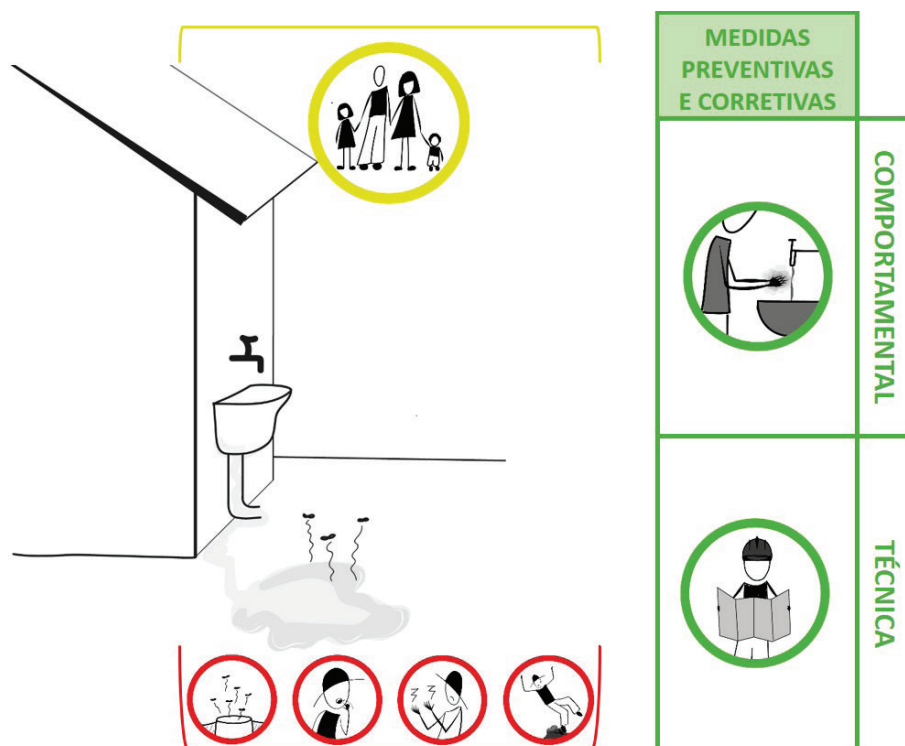
Cenário 8, 9 e 10

As Figuras 10, 11 e 12 ilustram cenários comumente encontrados em locais não atendidos por rede coletora de esgoto. Esses cenários podem ser encontrados isolados e muitas vezes combinados, sendo um a consequência do outro. Por exemplo, uma residência com um tanque séptico dimensionado inadequadamente e sem um sumidouro vai operar como uma fossa absorvente que, dependendo do tipo de solo, vai encher rapidamente. Para evitar o custo do esvaziamento, costuma-se desconectar o encanamento do tanque, máquina de lavar roupa ou pia da cozinha, para diminuir o volume recebido na fossa. Outra prática é, em vez do esvaziamento, abrir novas fossas, também absorventes. No caso da água cinza espalhada a céu aberto, as vias de exposição são por proliferação de vetores, contato dérmico e oral, além do risco de quedas. Para a fossa absorvente, acrescentam-se a ingestão de água contaminada (se houver uso de poços para abastecimento) e inalação, pois muitas vezes as fossas são precariamente tampadas e pode haver o desprendimento de gases.

É muito comum encontrar a disposição de restos de alimentos diretamente em hortas ou plantas em geral, pela ideia equivocada de que é uma prática de compostagem. Os eventos de exposição com essa prática são a exposição dos usuários (e comunidade) a vetores, além do risco de crianças ou animais consumirem restos de alimentos degradados. A medida preventiva, nesse caso, é construir uma composteira caseira (Quadro 4).

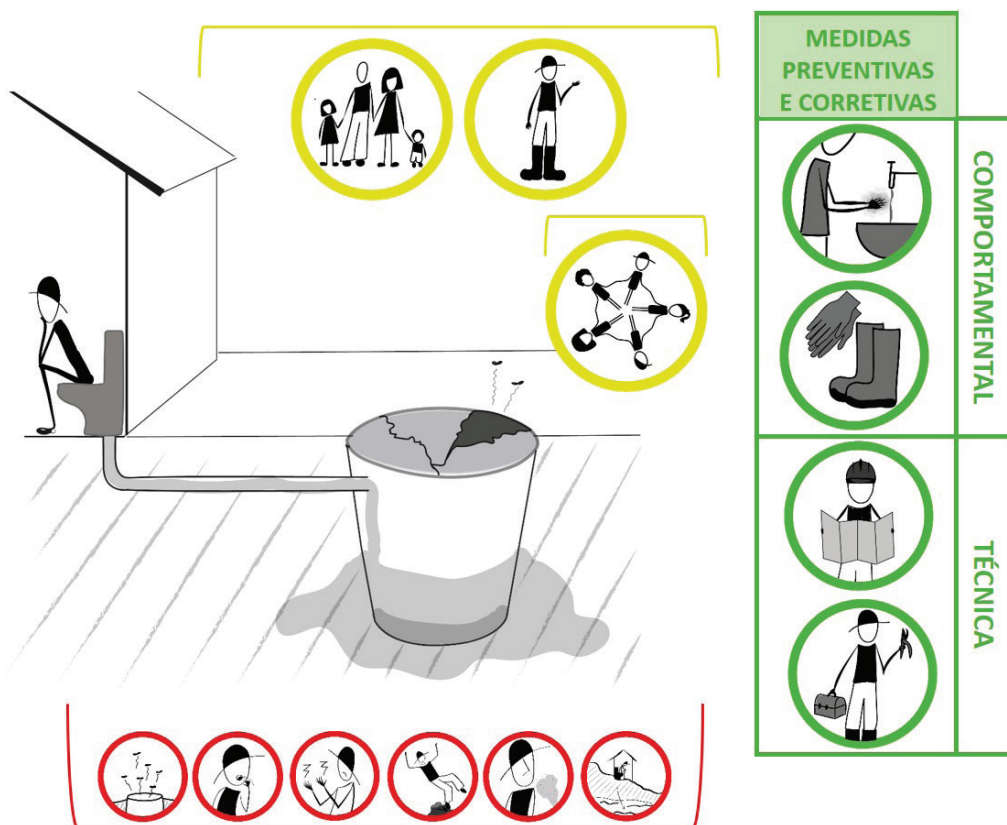
Estas situações podem ser evitadas escolhendo soluções tecnológicas adequadas, com separação das frações na fonte e aproveitamento dos recursos ou não (FUNASA, 2018), considerando o contexto local.

Figura 10. Disposição incorreta - água cinza (para qualquer fração) direto no solo.



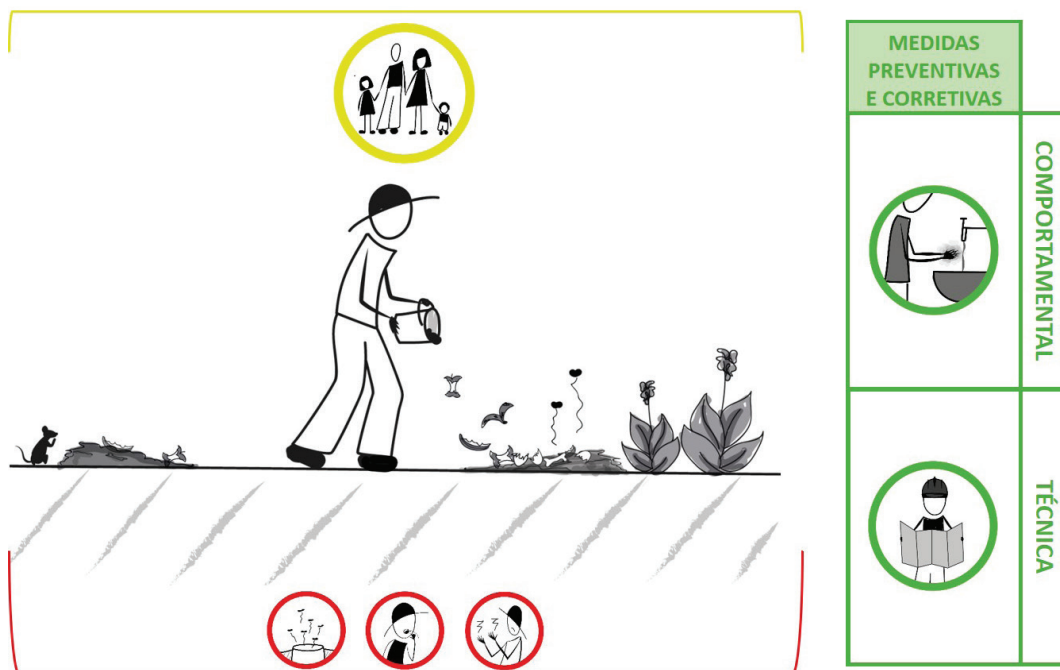
Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 11. Disposição incorreta - esgoto doméstico em fossa absorvente (rudimentar).



Fonte: Elaboração dos autores.

Figura 12. Disposição incorreta - restos de alimentos direto no solo.



Fonte: Elaboração dos autores.

12 AGRADECIMENTOS

Esse Guia foi inspirado no CataloSan – *Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento: Gestão de Efluentes Domésticos*, publicado em 2018, fruto de um projeto de pesquisa financiado pela Fundação Nacional de Saúde – FUNASA (Convênio n.o 403/2011).

De 2015 a 2017, tivemos o prazer de receber o Professor Thor Axel Stenström, professor visitante especial pelo CNPq (Processo n.º 400779/2014-0), que compartilhou conosco seu vasto conhecimento e experiência em avaliação de risco microbiológico para sistemas de saneamento. O conteúdo deste guia foi baseado principalmente em 2 publicações das quais Prof. Stenström participou: *Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems* e do manual *Sanitation Safety Planning* da Organização Mundial da Saúde.

Agradecemos também a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Estações Sustentáveis de Tratamento de Esgoto – INCT ETEs Sustentáveis e a Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS.

13 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

ABNT - 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, 1997. p. 60.

BITTON, G. **Microbial indicators of fecal contamination**: application to microbial source tracking. Report submitted to the Florida Stormwater Association. 719, p. 4–6. 2005.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 135, p. 1. 16 jul. 2020. PL 4.162/2019. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/32462863/publicacao/32491972>. Acesso em: 26/11/2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Plano de segurança da água**: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 60 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Funasa, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan**: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde; Paula Loureiro Paulo, Adriana Farina Galbiati, Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho. Campo Grande: UFMS, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 26/11/2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais – Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

MAGALHÃES FILHO, F.J.C. *et al.* Sustainable Sanitation Management Tool for Decision Making in Isolated Areas in Brazil. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, 16, p. 1118. 2019. DOI 10.3390/ijerph16071118.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Resolução A/RES/64/292**. Genebra: ONU, 2010. Disponível em: www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Acesso em: 26/11/2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://unric.org/pt/objetivo-6-agua-potavel-e-saneamento-2/>. Acesso em: 26/11/2020.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Planeamento da segurança do saneamento: Manual para o uso e eliminação segura de águas residuais, águas cinzentas e dejetos**. Lisboa: OMS, 2016. Disponível em: www.who.int. Acesso em: 26/11/2020.

PAULO, P. L., *et al.* Ferramentas de avaliação de sustentabilidade em sistemas de tratamento de esgotos descentralizados. *In: DOS SANTOS, A. B. et al. Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais*. Fortaleza: Imprece, 2019. cap 9, p. 746-812.

STENSTRÖM, T. A., *et al.* **Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems**. SEI International. Estocolmo: 2011. Disponível em: www.ecosanres.org. Acesso em: 26/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage**. Genebra: WHO, 2012. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/global_costs/en/. Acesso em: 26/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Safer Water Better Health**. Genebra: WHO, 2019. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitationhealth/publications/saferwater-better-health/en/. Acesso em: 26/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Water sanitation and hygiene for accelerating and sustaining progress on neglected tropical diseases**. Genebra: WHO, 2015. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-and-ntd-strategy/en/. Acesso em: 26/11/2020.

SOBRE OS AUTORES/ORGANIZADORES:

Paula Loureiro Paulo – Engenheira Química pela Universidade Estadual de Maringá (UEM). Mestre em Engenharia de Saúde Pública pela Universidade de Leeds – UK; Doutora em Ciências Ambientais pela Universidade de Wageningen – WUR, Holanda. Professora associada da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia – FAENG da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Fernando Jorge Correa Magalhães Filho – Engenheiro Sanitarista. Doutor em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Bolsista Produtividade pelo CNPq. Especialista em Gestão de Projetos (USP). Professor da Universidade Católica Dom Bosco.

Adriana Farina Galbiati – Engenheira Ambiental, consultora e instrutora em Permacultura, Mestre em Tecnologias Ambientais pela UFMS, coautora do CataloSan – Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento.

Karen Midori Takahashi – Tecnóloga em Processos Ambientais pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) e Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Especialista em MBA Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental do Instituto de Pós-graduação e Graduação (IPOG). Mestre em Tecnologias Ambientais pela UFMS.

Aline Paiva Moreira – Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS). Mestre em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Doutoranda em Tecnologias Ambientais pela UFMS.

Ilustrações: Érika Galbiati Carvalho.

14 ANEXO

Faça você mesmo

Depois de conhecer o *Guia para implementação de saneamento sustentável seguro: efluentes domésticos e resíduos sólidos orgânicos*, diga-nos qual é a tecnologia(s) utilizada(s) para tratamento ou disposição de esgoto doméstico ou sua(s) fração(ões) existente(s) na sua casa?

Pegue papel, caneta, tesoura e cola e monte seu arranjo, usando as ilustrações disponíveis neste anexo, buscando responder:

Quais os eventos de exposição a risco?

Quais são os grupos de exposição/grupo de risco?

Quais as vias de exposição a risco?

Quais as medidas preventivas e corretivas para minimizar os riscos?

Grupos de exposição (Grupo de risco)

Usuário



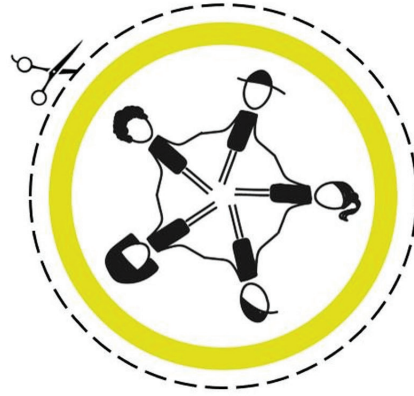
Operador



Agricultor



Comunidade



Vias de exposição

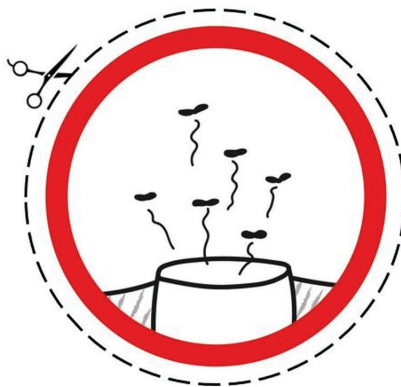
Ingestão



Contato dérmico



Contato com vetores



Inalação de aerossóis e/ou partículas



Contaminação de águas subterrâneas e/ou superficiais



Contato com água de reuso



Consumo de produção vegetal

Contato com material de compostagem



Quedas

Vazamentos



Medidas preventivas e corretivas para minimizar os riscos

Uso de EPI



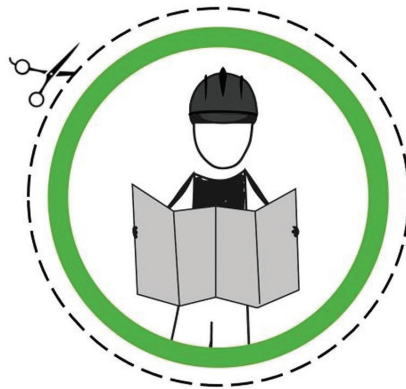
Higienização das mãos



Manutenção



Projeto



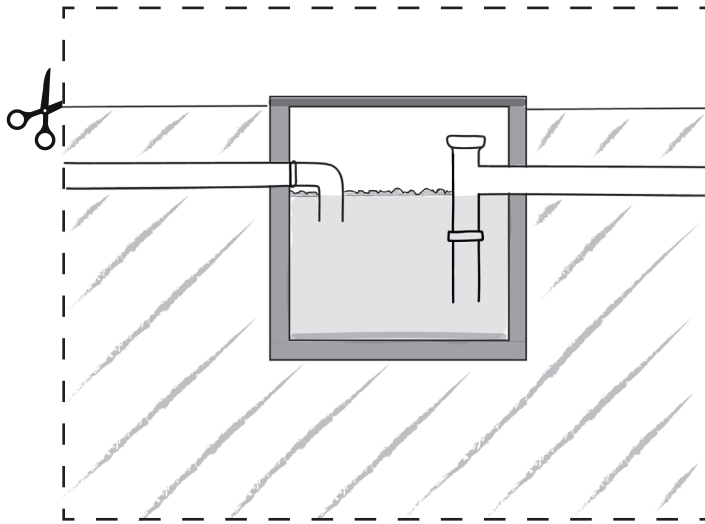
Cuidado com o alimento



Medidas preventivas e corretivas para minimizar os riscos

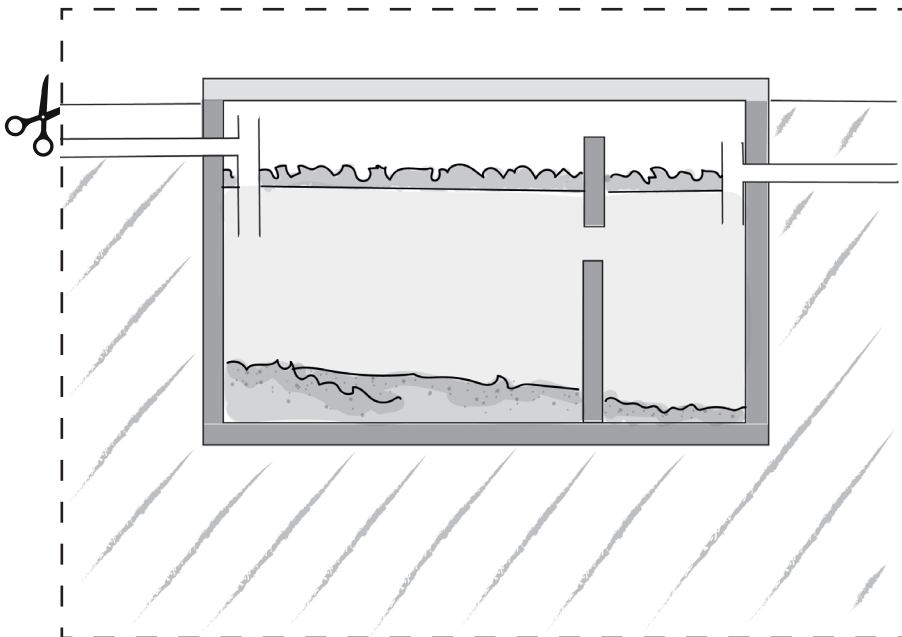
Separação de sólidos e gorduras

Caixa de gordura

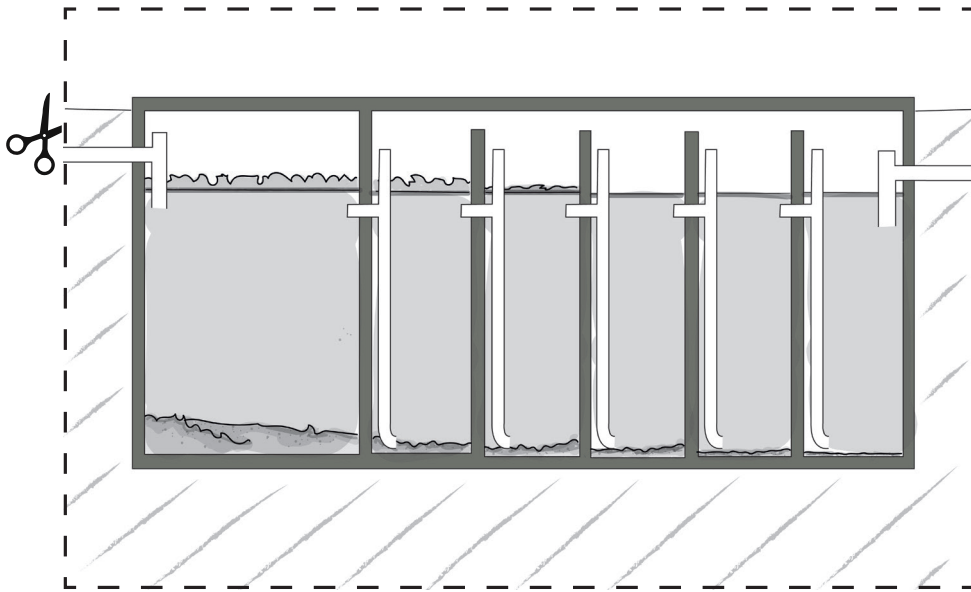


Digestão de matéria orgânica

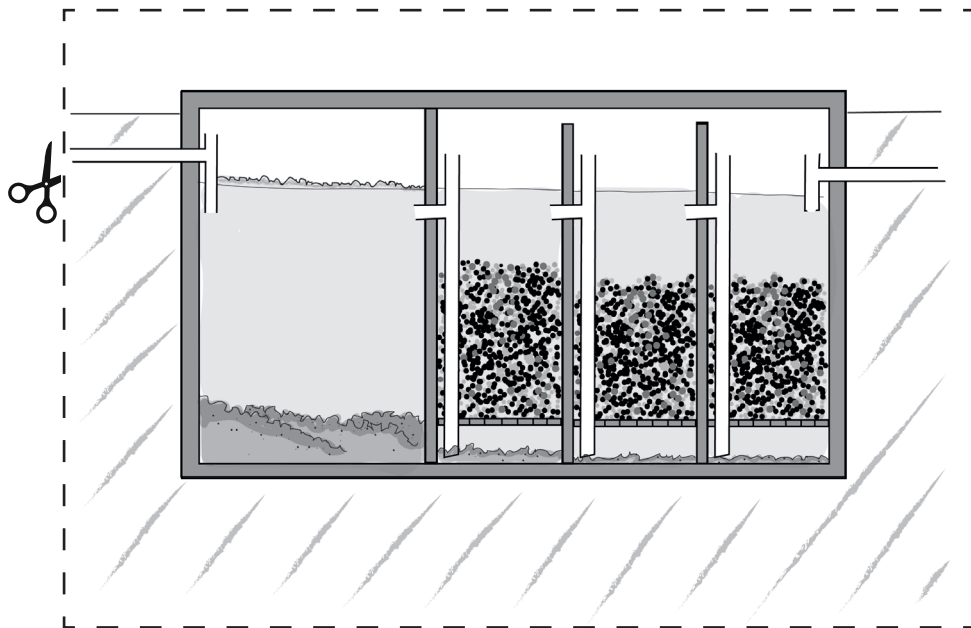
Tanque séptico



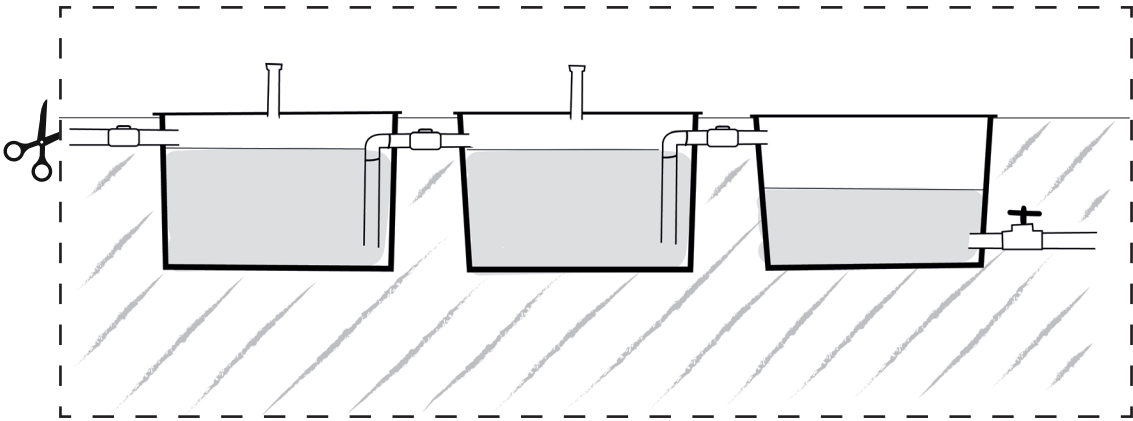
Tanque séptico compartimentado



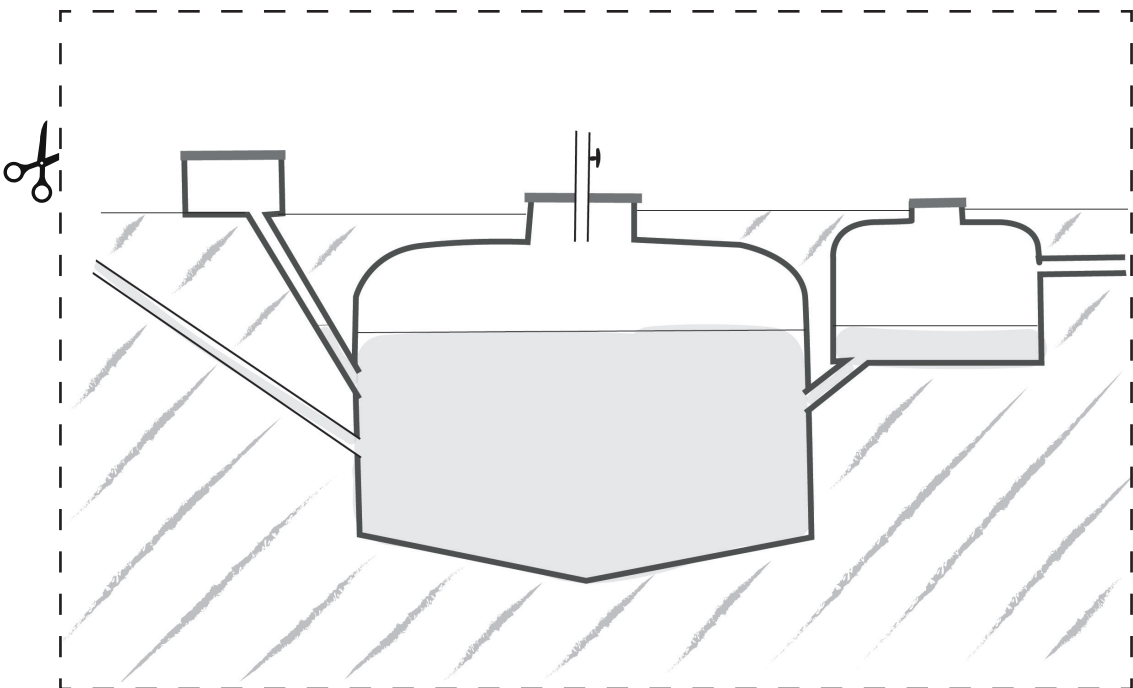
Filtro anaeróbico



Fossa biodigestor

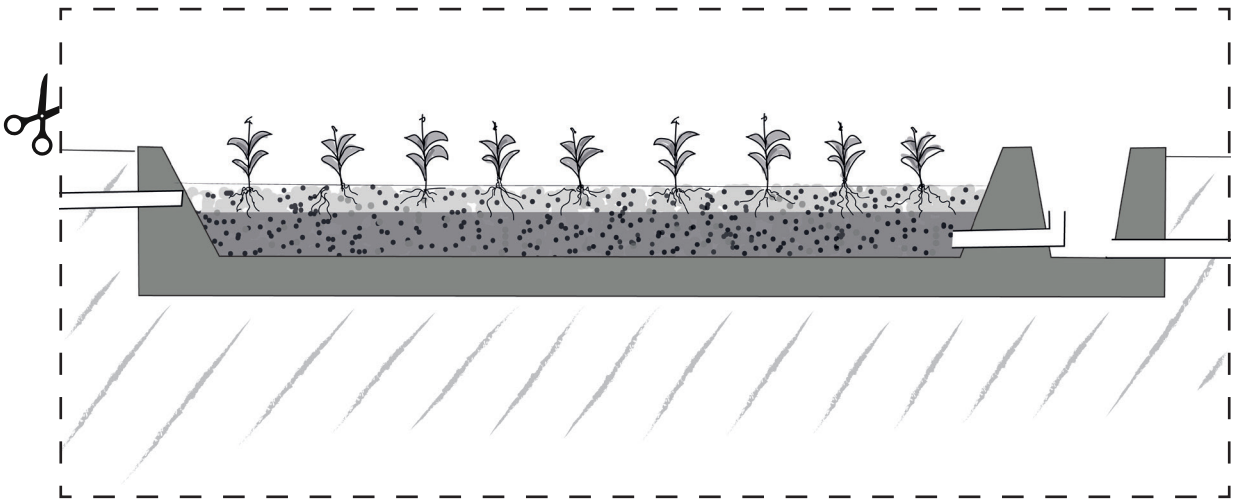


Biodigestor



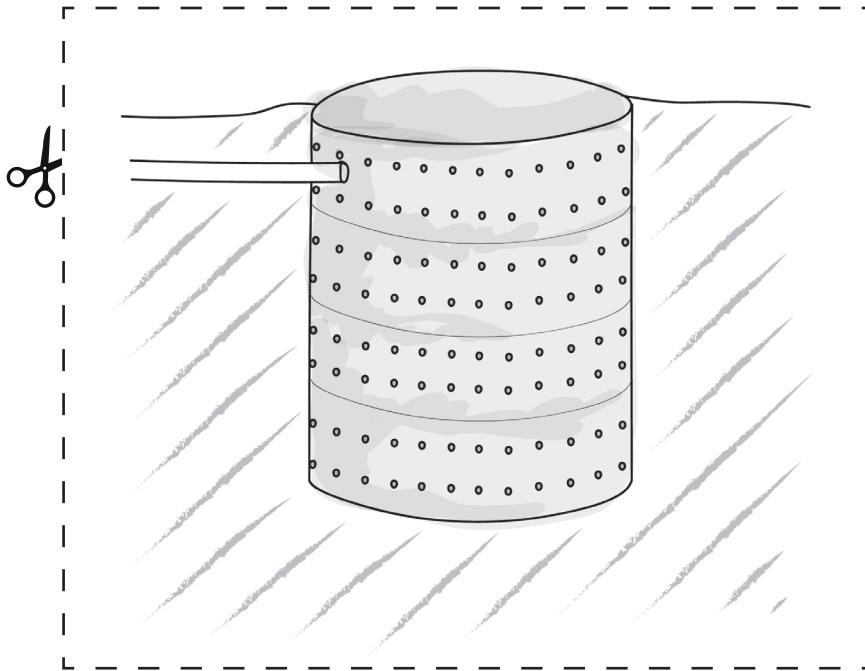
Uso de nutriente e redução de patógenos

Wetlands construídos

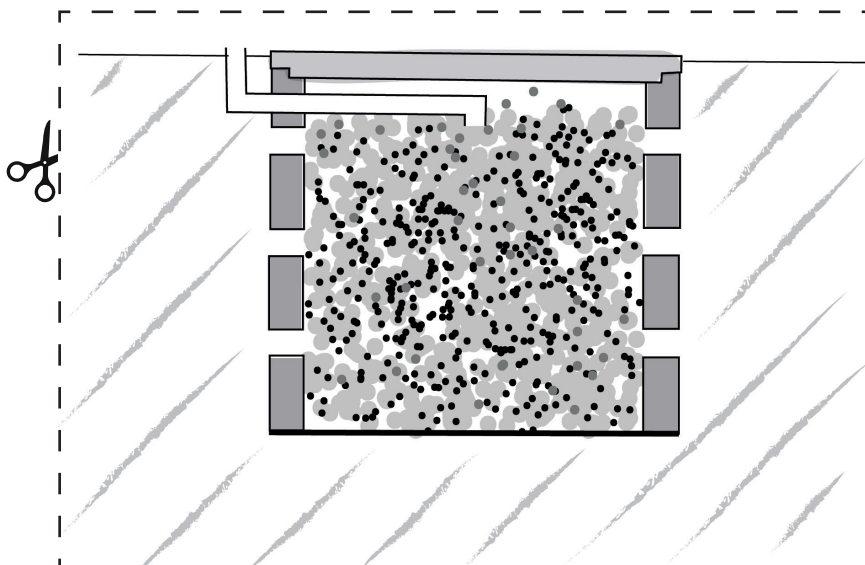


Reúso ou destino final

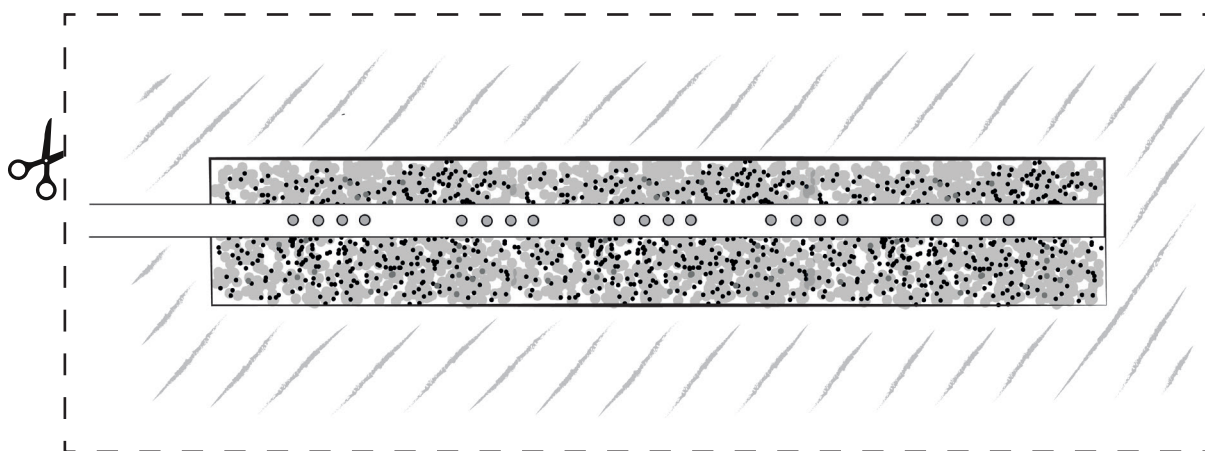
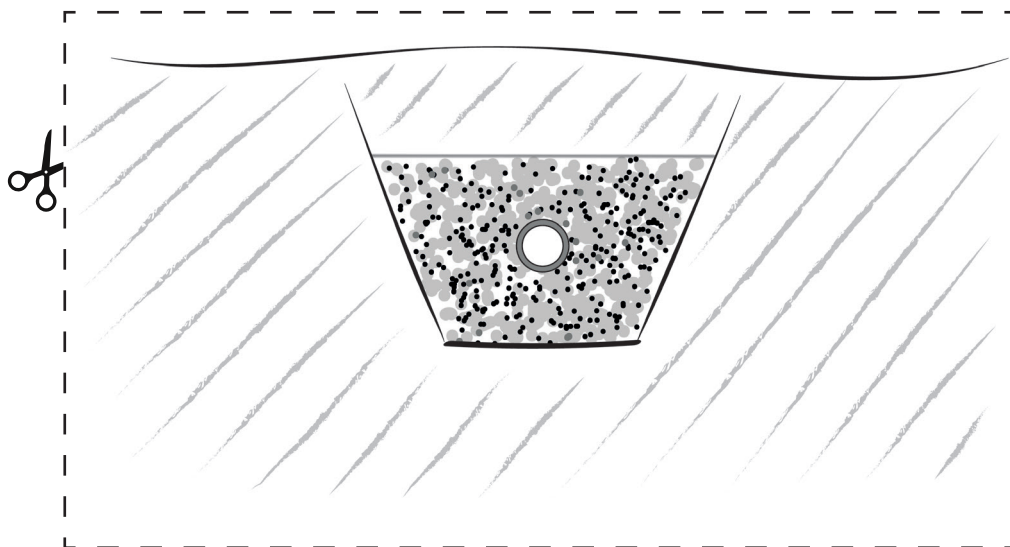
Sumidouro



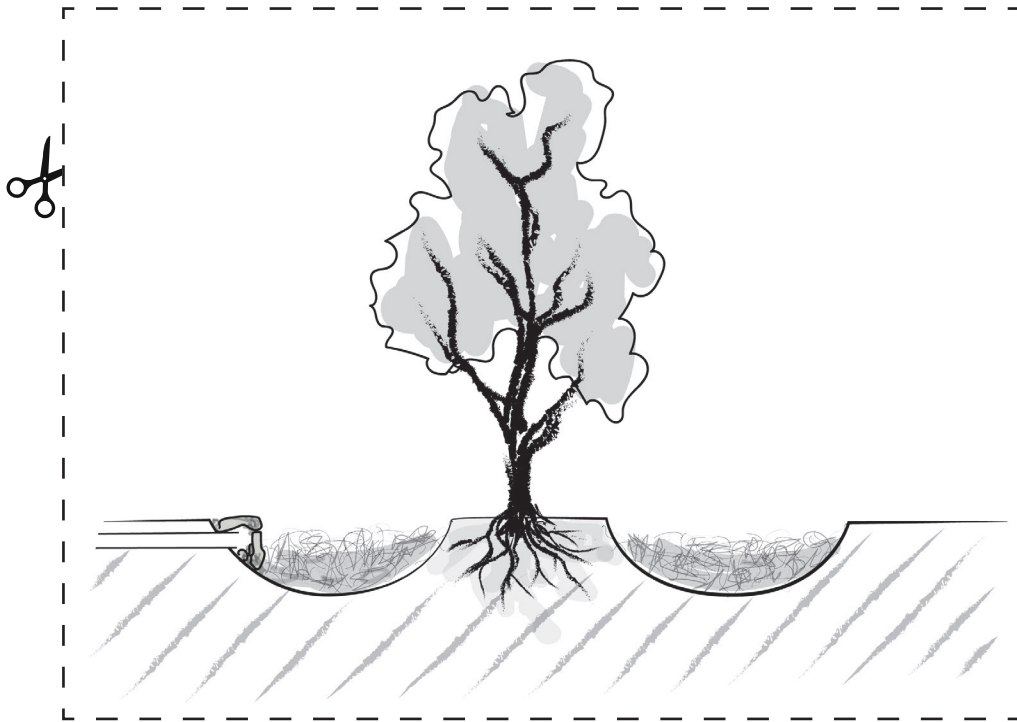
Poço de infiltração



Vala de infiltração



Filtro de Mulche



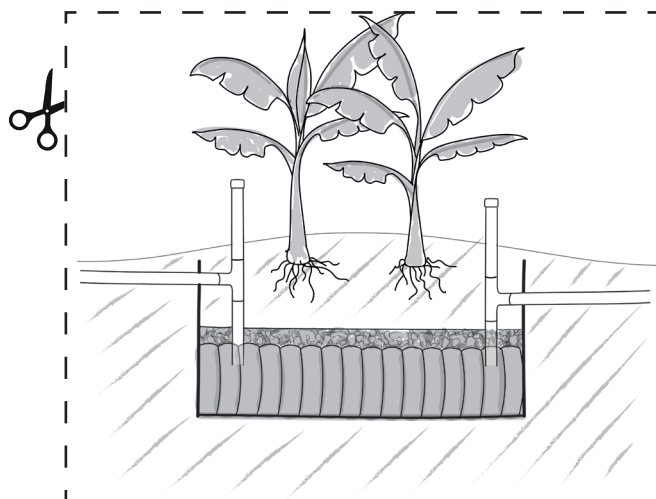
Círculo de bananeiras



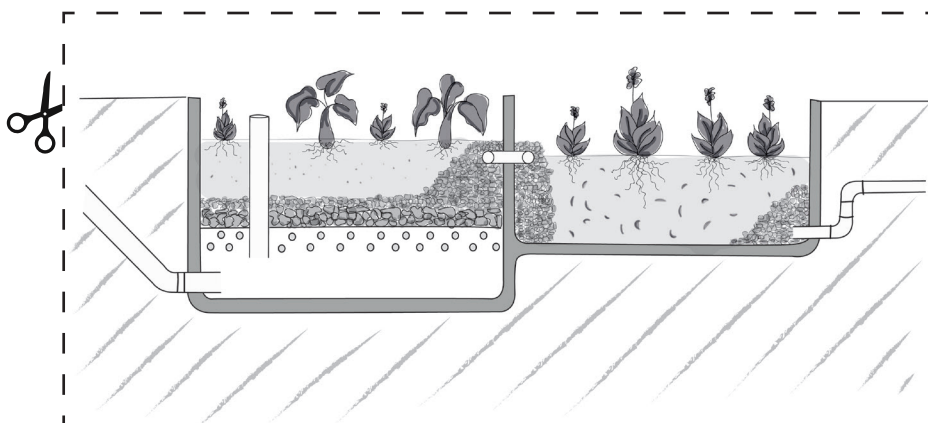
Ou, utilize os:

Sistema completos

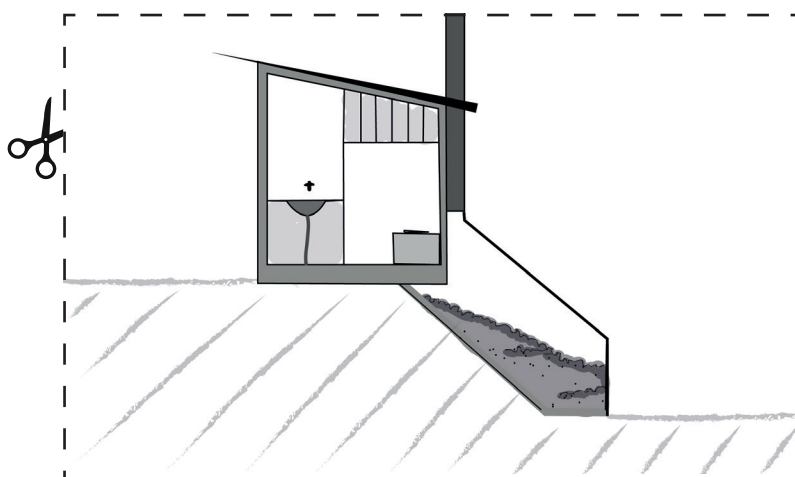
Tanque de Evapotranspiração (TEvap)



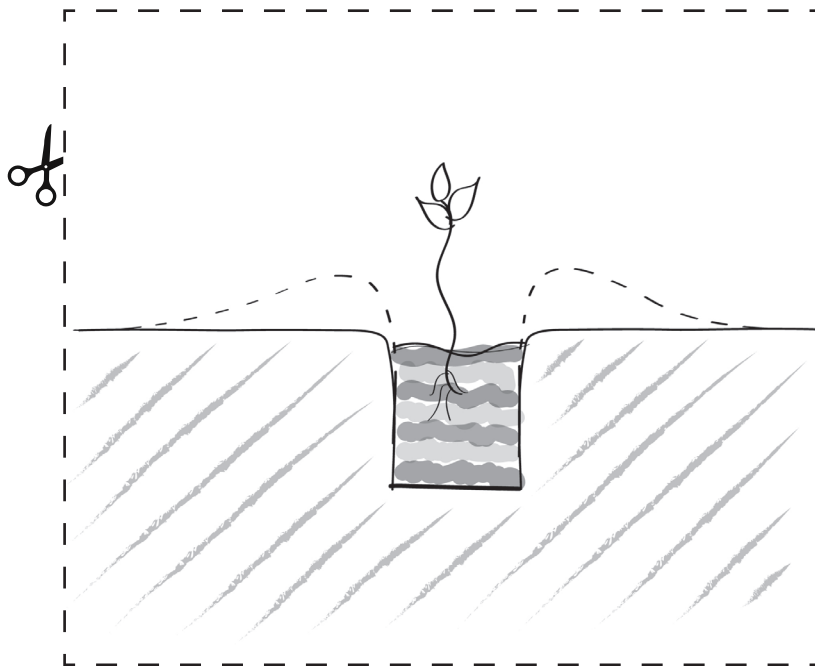
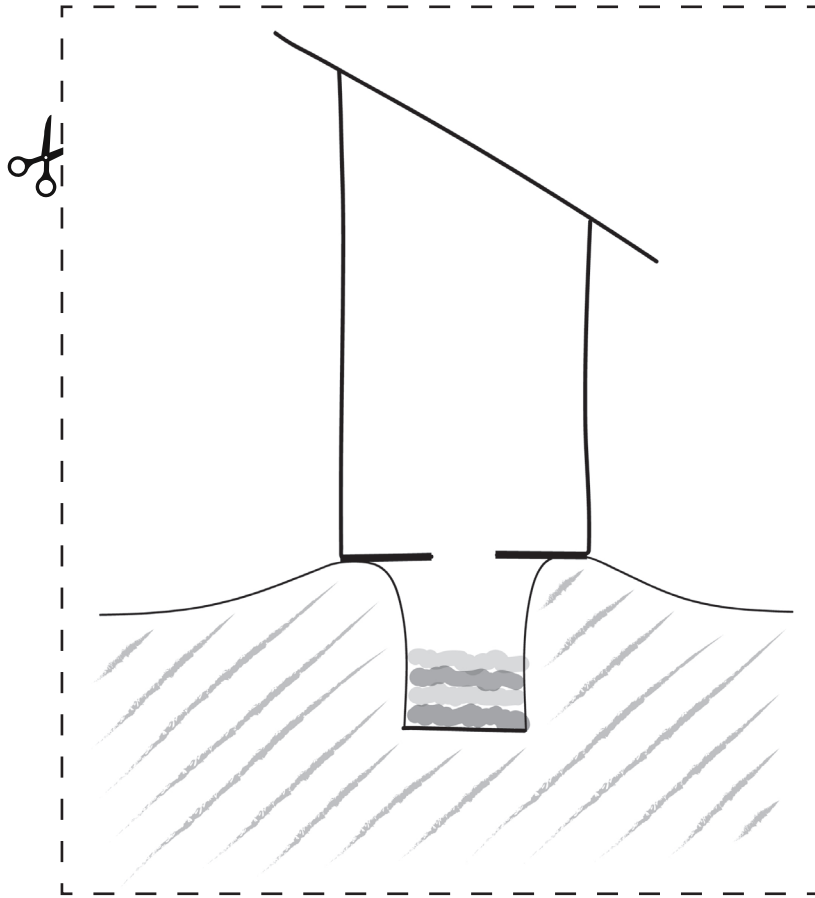
Evapotranspiração e tratamento de água cinza clara – EvaTAC



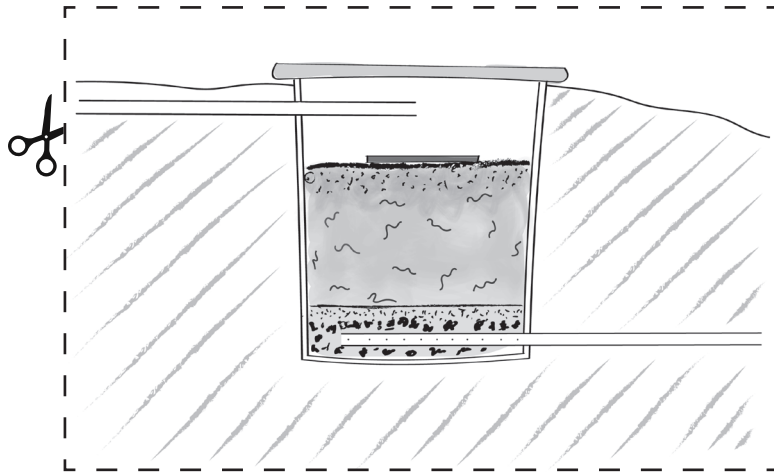
Sanitário seco compostável



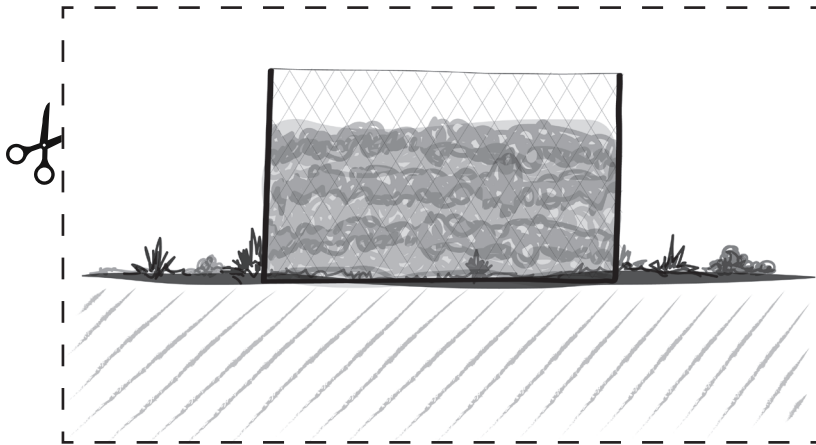
Arborloo



Vermifiltro

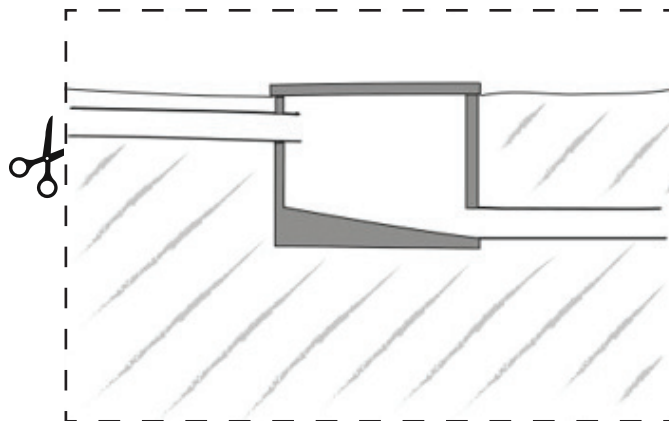


Compostagem



Adicional

Caixa de passagem



Organizadora
Paula Loureiro Paulo

GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SANEAMIENTO SOSTENIBLE SEGURO: EFLUENTES DOMÉSTICOS Y RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Campo Grande - MS | 2021
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	60
2 CÓMO USAR LA GUÍA	62
3 FRACCIONES DE RESIDUOS Y POTENCIALES PELIGROS PARA LA SALUD	63
4 RIESGOS	65
5 GRUPOS DE EXPOSICIÓN	66
6 VIAS DE EXPOSICIÓN	68
7 EVENTOS PELIGROSOS	71
8 ETAPAS INVOLUCRADAS EN LA GESTIÓN DE EFLUENTES DOMÉSTICOS	72
9 TECNOLOGÍAS	73
10 MEDIDAS APROPIADAS PARA LA DISMINUCIÓN DE LOS RIESGOS	80
10.1 EL PRINCIPIO DE MÚLTIPLES BARRERAS	80
10.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL	80
11 MONTAJE DE ESCENARIOS DE RIESGO	83
12 AGRADECIMIENTOS	93
13 REFERENCIAS	94
14 APÉNDICE	97

1 INTRODUCCIÓN

El acceso al agua limpia y segura, bien como al alcantarillado ha sido considerado derecho humano esencial para gozarse plenamente la vida por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas - NU, en 2010 (Resolución A/RES/64/292). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS, lanzados en 2015, también por la ONU, refuerzan la importancia del saneamiento con el Objetivo 6 “hasta 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable y segura para todos”.

De acuerdo con la Organización Mundial de Salud – OMS, saneamiento (alcantarillado) es definido como el acceso y uso de instalaciones y servicios para la eliminación segura de orina y heces humanas. Un sistema de saneamiento seguro es un sistema proyectado y usado para evitar el contacto de excretas humanas con las personas en todas las etapas de la cadena de servicios de saneamiento, desde la captación en los baños, hasta la contención, vaciado, transporte, tratamiento (in-situ o externo) y disposición o re(uso) final (WHO, 2019).

Conforme los datos del Sistema Nacional de Informaciones sobre Saneamiento – SNIS y la Encuesta Nacional de Saneamiento Básico – IBGE, relativos a los años de 2018 y 2017, respectivamente, son 101 millones de brasileños sin el acceso a la atención del servicio de alcantarillado, solo el 46% de la población posee sus aguas residuales tratadas. Además, 2211 municipios no poseen una red colectora de aguas residuales. Según el programa de monitoreo de datos sobre saneamiento de la Organización Mundial de Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia – UNICEF (WHO/UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply, Sanitation and Hygiene - JMP), el 39% de la población brasileña aún utiliza un sistema rudimentario, inadecuado o impropio del tipo cloaca o letrina y el 1% aún defeca al aire libre. De esa manera, gran parte de la población brasileña todavía se encuentra susceptible a los males o enfermedades causados por la exposición a los patógenos y sustancias peligrosas presentes en las aguas residuales.

El nuevo Marco Legal do Saneamiento Básico (Ley 14.026/2020) prevé la universalización de los servicios de suministro de agua y alcantarillado hasta 2033, con mayor incentivo a la participación de la iniciativa privada en el sector. La universalización es fundamental y necesaria no solo para Brasil, sino para diversos países en América Latina, Caribe, África y Asia, una vez que permitirá el acceso de la población al agua potable y a las aguas residuales colectadas y tratadas, propiciando salud y mejor calidad de vida. No obstante, los sistemas descentralizados necesarios para tratar aguas residuales en comunidades aisladas, viviendas rurales y pueblos no son atractivos para los inversores en el sector, demandando prioritariamente inversiones públicas e iniciativas locales para las soluciones de saneamiento.

Aunque hay necesidad de universalizar el acceso a una instalación más segura y adecuada, que permita el tratamiento de aguas residuales y excretas, esos indicadores no retratan la soste-

nibilidad de las tecnologías, de los sistemas, y los arreglos utilizados para promover el control de la contaminación. Ocurre que las estaciones implementadas tratan parte de los contaminantes y no su totalidad, lo que permite que la contaminación aún llegue al agua y al suelo, de esa manera, por tanto, no cumplen su efectivo papel, que es el de la protección de la salud pública.

Para el ambiente rural, recientemente se ha elaborado el Plan Nacional de Saneamiento Rural (Brasil, 2019), el cual sugiere el uso de una matriz para la toma de decisión, con diversas tecnologías que van más allá de fosas y sumideros, propuesta esta semejante al árbol de decisión de Magalhães Filho et al. (2019). El Plan Nacional de Saneamiento Rural contempla la gama de opciones tecnológicas del Catálogo de Soluciones Sostenibles de Saneamiento: Gestión de Efluentes Domésticos – CataloSan (FUNASA, 2018), que incluye aspectos de aceptación, operación, manutención e implantación, los cuales auxilian en la gestión y toma de decisión más adecuada, llevando en consideración el acceso al agua, la separación de las fracciones de aguas residuales y el nivel de capa freática. Entre tanto, Brasil aún carece de herramientas y guías en este sentido, y especialmente que incluyan nociones sobre riesgos, contemplando vías de exposición, eventos peligrosos, grupos de exposición y medidas tecnológicas y comportamentales que proporcionen la elección y el uso seguro de esas tecnologías.

El objetivo de esta Guía es presentar los riesgos inherentes a sistemas de alcantarillado y el aprovechamiento de recursos. Trae los grupos y vías de exposición más comunes, destacando eventos peligrosos, principalmente con relación a la operación y mantenimiento, lo que presenta las principales medidas que pueden ser utilizadas como barreras para evitar el riesgo de contraer enfermedades. La intención del material es alertar e instruir con vistas a la seguridad de usuarios y técnicos que lidian y/o están de alguna manera expuestos. Es importante destacar que la Guía no presenta estudios de evaluación de riesgo, no obstante, trae elementos importantes para la definición de escenarios para tales estudios.

2 CÓMO USAR LA GUÍA

Esta Guía puede ser usada tanto por educadores, ingenieros, técnicos y gestores públicos, como por la propia comunidad. Sirve como soporte en el diseño de sistemas uni domiciliarios de tratamiento de efluentes, llevando en cuenta la seguridad del ambiente y de las personas involucradas, y también para verificar y garantizar la seguridad en el uso el mantenimiento de sistemas de saneamiento ya existentes.

Es importante que sea leída en la íntegra, para una mejor comprensión de los conceptos y de las prácticas recomendadas.

En “Fracciones dos residuos y potenciales peligros para a la salud”, encontramos informaciones a respecto de la composición de aguas residuales, esenciales para la comprensión de los riesgos relacionados a cada tipo de efluente.

En la secuencia, se discute el concepto de riesgo y los grupos expuestos a los riesgos, las vías de exposición y los momentos en que los riesgos ocurren (eventos peligrosos). Dicha explicación pormenorizada es necesaria para que todas las acciones de prevención y corrección puedan ser planificadas e implementadas.

A continuación, son presentadas las etapas involucradas en el tratamiento de efluentes y las tecnologías que pueden ser combinadas para atender a todas ellas, contenidos importantes tanto para el entendimiento de cómo elegir y diseñar un sistema de saneamiento, como para minimizar los riesgos en cada una de las etapas. Las acciones recomendadas están detalladas y ejemplificadas en el capítulo 10: “Medidas apropiadas para la minimización de los riesgos”.

Al final de la Guía, todas las ilustraciones de las tecnologías, grupos y vías de exposición están disponibles para impresión y montaje de materiales de apoyo a acciones socioeducativas y de planificación. La sugerión es imprimir en papel resistente, de manera que los sistemas puedan ser montados de diversas formas, identificándose los eventos peligrosos y los riesgos, los grupos expuestos y las vías de exposición.

3 FRACCIONES DE LOS RESÍDUOS Y POTENCIALES PELIGROS PARA LA SALUD

Si por un lado el sistema de saneamiento es vital para garantizar la salud de la población, el propio sistema supone riesgos si los debidos cuidados no son tomados. La preocupación es mayor para los sistemas uni domiciliarios o semi-colectivos, en los cuales, generalmente, los propios vecinos son responsables por la operación y mantenimiento, pero muchas veces no fueron capacitados para tal y tampoco están conscientes de los peligros a que están expuestos.

Las aguas residuales contienen elevada concentración de microorganismos derivados principalmente de la excreta humana. Parte de esos microorganismos son agentes etiológicos de enfermedades, es decir, microorganismos patogénicos. Así que, el contacto directo o indirecto con las aguas residuales constituye un riesgo a la salud humana (Paulo et al., 2019). El Recuadro 1 presenta los peligros potenciales a la salud relacionados a las diferentes fracciones y subproductos de aguas residuales domésticas y residuos sólidos orgánicos.

La Imagen 1 muestra insumos consumidos en la rutina de una vivienda y la generación de los efluentes. De forma simplificada, podemos categorizar las fracciones de aguas residuales domésticas como agua oscura – originada del inodoro – y agua gris – proveniente de los demás aparatos sanitarios de la casa: lavadora y lavadero, desagües y fregaderos.

El agua proveniente del inodoro contiene agua, heces, orina y eventualmente papel higiénico, medicamentos excretados en las heces y orina y productos de limpieza. Constituye la porción que demanda mayor atención y cuidado, por contener elementos patogénicos provenientes de las heces. En cambio, también es la porción con mayor presencia de nutrientes, provenientes principalmente de la orina.

El agua gris puede contener residuos de productos de higiene personal, jabones, productos de limpieza, fibras textiles, además de grasa y materia orgánica, generadas principalmente en el fregadero de la cocina. También puede contener eventuales patógenos, por el contacto con heces durante la ducha o en el lavado de ropas.

La separación de los tipos de efluentes, incluida la separación de la orina, permite el tratamiento y la reutilización adecuados del agua gris y orina para fertirrigación y el tratamiento del agua del inodoro en sistemas menores, lo que termina por disminuir el alcance del vertido de agua contaminada en el ambiente.

Imagen 1. Insumos consumidos y efluentes producidos en la rutina diaria de una residencia.

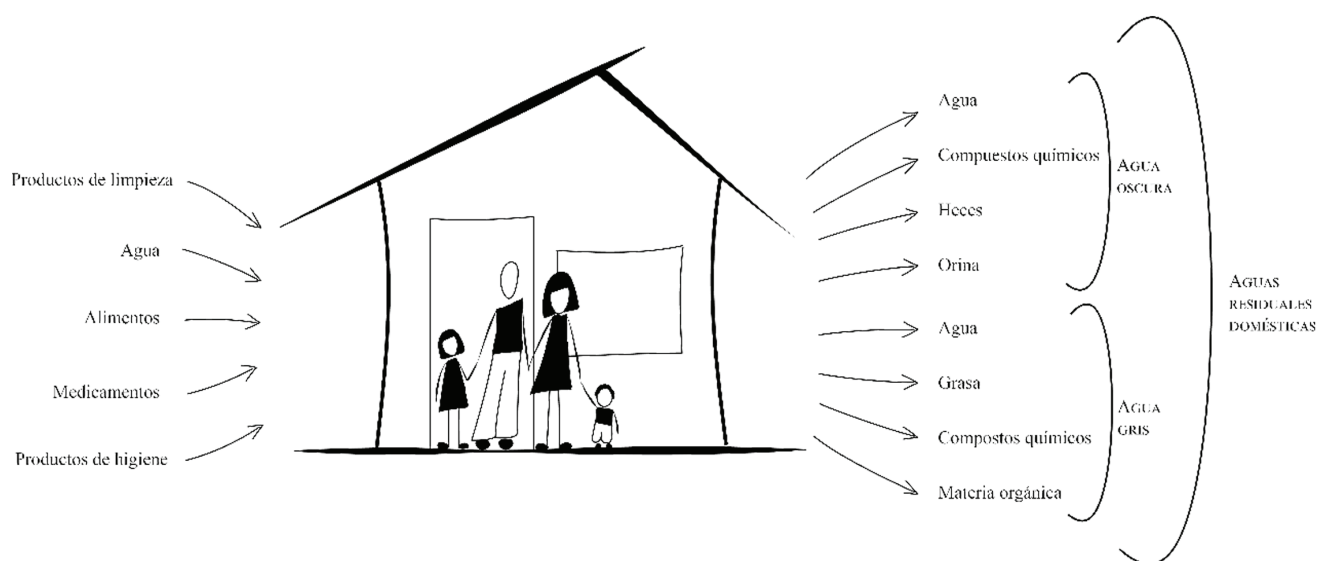


Tabla 1. Peligros potenciales para la salud relacionados con las diferentes fracciones y subproductos de las aguas residuales domésticas y los residuos sólidos orgánicos.

Fracción neta	Potenciales peligros biológicos					Potenciales peligros químicos		Potenciales peligros físicos		
	Virus	Bacterias	Protozoos	Helmintos	Enfermedades transmitidas por vectores	Productos químicos tóxicos	Metales pesados	Objetos afilados	Material inorgánico	Malos olores
Orina (humana o animal)	✓	✓	✓	✓						✓
Aguas residuales domésticas	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓
Residuos orgánicos domésticos	✓	✓			✓					
Residuos de jardinería					✓				✓	
Lixiviado/estiércol	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓
Residuos agrícolas	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	
Légamo fecal	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓

*Adaptado: OMS, 2016.

4 RIESGOS

En el concepto de saneamiento enfocado a los recursos, existen varias tecnologías que brindan el aprovechamiento de agua, nutrientes y materia orgánica. Sin embargo, este enfoque también puede afectar la salud humana y el medio ambiente. En este caso, además del beneficio proporcionado, es necesario considerar aspectos relacionados con la reducción del riesgo.





Muchas veces, los conceptos confusos del riesgo y el peligro se confunden. El riesgo siempre está relacionado con una acción o actividad específica. En el contexto de la salud pública, el proceso de evaluación de riesgos procura cuantificar la probabilidad y la gravedad de la enfermedad que un peligro específico puede causar a los individuos. Así, podemos decir que un evento peligroso conlleva un riesgo que, en un estudio de evaluación de riesgos, se puede clasificar o cuantificar, según la metodología aplicada. Por ejemplo, si un operador hace el mantenimiento en un sistema de tratamiento sin usar el equipo de protección individual - EPI, está bajo el riesgo de ponerse enfermo. El nivel de este riesgo dependerá de la probabilidad y la gravedad (magnitud) del evento de exposición. En otras palabras, factores como el número de veces que el operador está expuesto, la concentración de patógenos presentes en el agua residual y el volumen ingerido.

5 GRUPOS DE EXPOSICIÓN

Los grupos de exposición (también llamados grupos de riesgo) considerados en el contexto de sistemas descentralizados de tratamiento y reutilización: usuarios, operador, granjero y comunidad. Estos grupos están asociados a diferentes eventos expositivos. En los sistemas unifamiliares, generalmente en el grupo de usuarios, el residente también representa al operador y, si practica la reutilización en los sistemas productivos, este también representa al grupo del granjero, siendo así, está mucho más expuesto que otros miembros de la familia. En el caso del consumo de cultivos regados y / o fertilizados con los productos de los sistemas de tratamiento, también se puede denominar a los usuarios como “grupo consumidor”, que también puede ser la comunidad, caso el producto se comercialice o la familia reciba a visitas y les sirva esos alimentos.

La Tabla 2 muestra los diferentes grupos, definición e ilustraciones respectivas que han sido utilizados en la Guía.

Tabla 2. Grupos de exposición.

Grupos de Exposición	Ilustración	Descripción
Usuario		<p>Persona que usa el sistema de saneamiento con frecuencia.</p>
Operador		<p>Persona que es responsable del mantenimiento, limpieza, operación o vaciado de un componente del sistema de saneamiento.</p>
Granjero		<p>Persona que utiliza subproductos de saneamiento (ej., aguas residuales sin tratar, tratadas parcial o totalmente, lodos deshidratados (biosólidos), humus, compost.</p>
Comunidad		<p>Cualquiera que viva cerca, o después de una etapa del sistema de saneamiento o área agrícola en la que se utilizan recursos y subproductos de saneamiento y pueden verse afectados pasivamente.</p>

6 VÍAS DE EXPOSICIÓN

Las vías de exposición son rutas a través de las cuales los patógenos pueden acceder al huésped. En las actividades relacionadas con el agua, hay tres vías principales de entrada de patógenos en el huésped: inhalación, contacto con la piel e ingestión oral (OMS, 2012; Stenström et al., 2011; Bitton, 2005):

Inhalación: los patógenos pueden ser transportados por el aire en forma de gotas de agua, que pueden ingresar al tracto respiratorio superior humano durante actividades que dan como resultado la producción de aerosoles.

Contacto dérmico: el contacto directo de la fuente de contaminación con cortes o heridas en la piel, ojos u oídos son puntos potenciales de acceso de microorganismos patógenos al cuerpo humano.

Ingestión: la ingestión es la principal vía de acceso de los microorganismos fecales que infectan el tracto gastrointestinal humano.

La Tabla 3 presenta una lista de 9 vías de exposición relacionadas con 3 rutas y asociadas a las tecnologías de tratamiento, disposición y reutilización de aguas residuales domésticas presentadas en el contexto de esta Guía.

Tabla 3. Vías de exposición

Vía de Exposición	Ilustración	Descripción
<p>Ingestión</p>		<p>Transferencia de excretas (orina y / o heces) y / o agua reutilizada por contacto directo con la boca, manos o elementos que tengan contacto con la boca.</p>
<p>Contacto dérmico</p>		<p>La infección por la entrada del patógeno a través del contacto con la piel (heridas abiertas, manos, personas u otras partes del cuerpo).</p>
<p>Contacto con vectores</p>		<p>Transferencia mecánica de excrementos de mosca a la persona o ítems alimentarios. Las picaduras de mosquitos u otros insectos también pueden transmitir enfermedades.</p>
<p>Inhalación de aerosoles y / o partículas</p>		<p>Inhalación de gotas y partículas de agua, perceptibles o no, que portan una dosis de patógenos provenientes de una etapa del sistema de saneamiento.</p>
<p>Contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales</p>		<p>Ingestión de agua contaminada extraída de una fuente subterránea o superficial.</p>

Vía de Exposición	Ilustración	Descripción
<p>Contacto con agua reutilizada</p>		<p>Contacto con agua reutilizada en el momento de la aplicación / disposición en el suelo.</p>
<p>Consumo de producción vegetal</p>		<p>Consumo de cultivos cuyo crecimiento ocurrió en áreas irrigadas o fertilizadas con productos del saneamiento, o en lugares donde se dieron contaminaciones accidentales.</p>
<p>Contacto con material de compostaje</p>		<p>Manipulación del contenido del compostera sin el cuidado adecuado.</p>
<p>Caídas</p>		<p>Contacto con residuos debido a caídas ocurridas en cualquier etapa del sistema (ej., falta de cubierta, cubierta rota, charcos de efluentes).</p>
<p>Fugas</p>		<p>Contacto con residuos resultantes de fugas o desbordes como resultado de una construcción o mantenimiento inadecuado.</p>

7 EVENTOS PELIGROSOS

Son eventos en los cuales las personas están expuestas a un peligro en el sistema de tratamiento integral de aguas residuales. Puede tratarse de un incidente o una situación que: i) introduce un peligro para el ambiente en el cual los seres humanos viven o trabajan, II) aumenta el peligro, o III) falla al evitar el peligro (OMS, 2016).

De forma simplificada, es posible clasificar los eventos peligrosos en 5 grupos:

1. Eventos peligrosos relacionados con la operación en condiciones normales de funcionamiento del sistema (ej.: infraestructura estropeada, sobrecarga del sistema, carencia de mantenimiento, comportamientos inadecuados);

2. Eventos peligrosos debido a un fallo del sistema o de un incidente (ej.: fallo parcial o total del tratamiento, fallos de suministro de energía eléctrica, averías del equipo, error del operador);

3. Eventos peligrosos relacionados con factores estacionales o climáticos (ej.: inundaciones o sequías, cambios estacionales del comportamiento de parte de los trabajadores agrícolas, trabajadores agrícolas estacionales);

4. Eventos peligrosos o peligros indirectos (por ejemplo, peligros que potencialmente afectan a personas que no participan directamente en la cadena de saneamiento, tales como parásitos, vectores o bien los efectos en las comunidades alrededor);

5. Peligros acumulativos (ej., productos químicos en el suelo).

8 ETAPAS INVOLUCRADAS EN LA GESTIÓN DE LOS EFLUENTES DOMÉSTICOS

Los diferentes componentes de las aguas residuales pasan por diferentes etapas (Figura 2) hasta que se reinsertan en los ciclos naturales como recursos. Hay tecnologías específicas para cada una de las etapas y tecnologías que cubren más de una etapa, según el contexto y la disposición elegida.

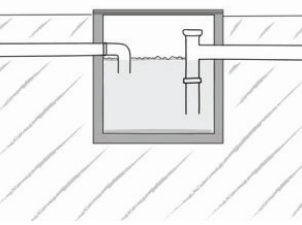
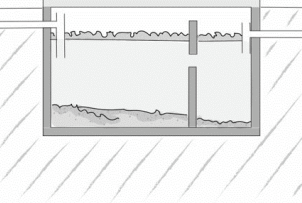
Figura 2. Etapas involucradas en la gestión de efluentes domésticos definidos en CataloSan (FUNASA, 2018).

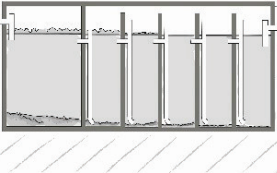
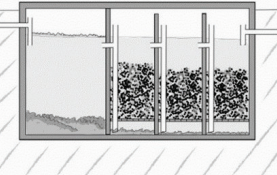
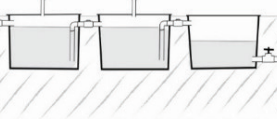
- 1. Interfaces de usuario** - Son los dispositivos sanitarios que generan los distintos tipos de efluentes (fregaderos, inodoros, tanques, etc.).
- 2. Almacenamiento, direccionamiento y transporte** - Son los dispositivos que soportan las tecnologías propiamente dichas (tuberías, cajas de paso, desagües, etc.).
- 3. Separación de sólidos y grasas** - Las grasas son menos densas que el agua y tienen tendencia a flotar, lo que permite su eliminación en cajas de grasa y tanques de sedimentación. Ya las partículas más densas que el agua tiende a decantar al fondo de los envases.
- 4. Digestión de materia orgánica** - La descomposición de materia orgánica en minerales solubles y gases puede ocurrir en diversas etapas. Aquí estamos considerando principalmente la descomposición anaerobia (sin aire).
- 5. Uso de nutrientes y remoción de los patógenos** - Los minerales disponibilizados a partir de la descomposición de la materia orgánica pueden ser aprovechados para la nutrición de plantas. La reducción de patógenos también ocurre, en parte, en la etapa de digestión.
- 6. Reutilización o destinación final** - Última etapa de la gestión, después de la cual el efluente no vuelve. La disposición final debe ser hecha prioritariamente en el suelo, siendo que el abordaje del saneamiento enfocado en recursos no aconseja la disposición de efluentes en cuerpos de agua.

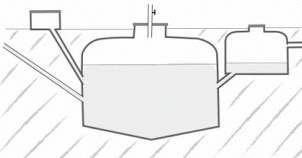
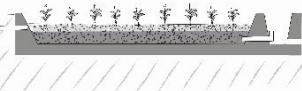
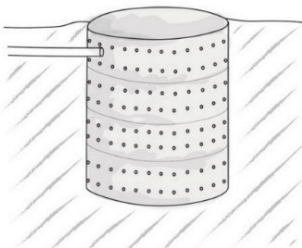
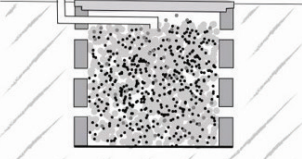
9 TECNOLOGÍAS

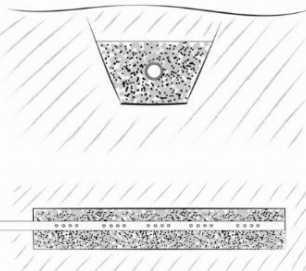
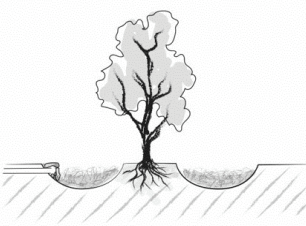

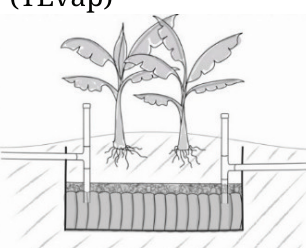
La Tabla 4 muestra las diversas tecnologías utilizadas para el tratamiento o disposición de aguas residuales domésticas o de sus fracciones. Con el objetivo de analizar los eventos de exposición durante la operación y el mantenimiento, esos aspectos son presentados con las entradas y las salidas de cada tecnología. Han sido seleccionadas todas las tecnologías presentadas en el CataloSan y agregadas las tecnologías arborloo, vermifiltro y compostaje.

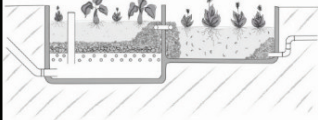
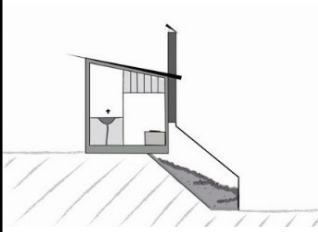
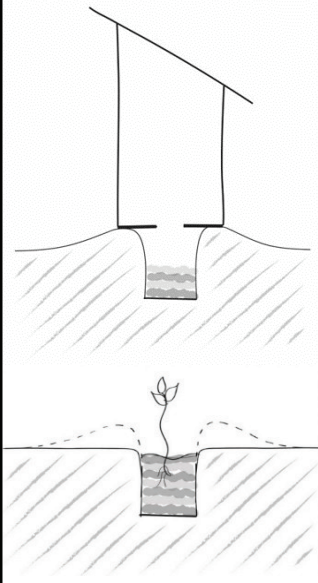
Tabla 4. Selección de tecnologías utilizadas para el tratamiento o disposición de aguas residuales domésticas o de sus fracciones.

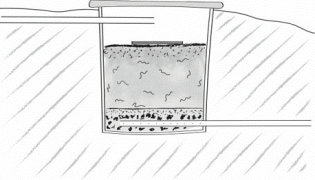
Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>Caja de grasa</p> 	<p>Separación de sólidos y grasas.</p>	<p><u>Entrada:</u> agua gris del fregadero de la cocina. <u>Salida:</u> grasa endurecida; aguas grises; y sobras de alimentos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Remoción de la grasa, frecuencia mínima aproximadamente 6 meses
<p>Tanque séptico</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separación de sólidos y grasas; - Digestión de materia orgánica. 	<p><u>Entrada:</u> efluente de la caja de grasa, agua negra, y de las demás fracciones del agua gris. <u>Salida:</u> El efluente, de que debe ser direccionado a los sistemas de post tratamiento como de zona de raíces, filtro anaerobio, posteriormente dispuesto en sumidero, zanjas de la filtración, o dirigido a la red colectora de aguas residuales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El lógamo y la espuma acumulados en los tanques deben ser quitados a intervalos equivalentes a los períodos de limpieza previstos en el proyecto; - La remoción periódica de lógamo y de espuma debe ser hecha por profesionales especializados que dispongan de equipos adecuados, a fin de evitar el contacto directo entre las personas y el lógamo; - Es obligatorio el uso de botas y guantes de goma. En caso de remoción manual, es obligatorio el uso de mascarilla adecuada de protección (NBR 7229/1993); - Intervalo de limpieza de acuerdo con la Tabla 3 NBR 7229/1993.

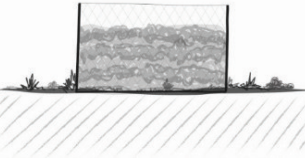
Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>Tanque séptico con deflectores</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separación de sólidos y grasas; - Digestión de la materia orgánica. 	<p><u>Entrada:</u> efluente, agua oscura, agua marrón, agua gris. <u>Salida:</u> efluente, gases y lórgamo (el efluente requiere el tratamiento para los patógenos y los nutrientes).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El lórgamo y la espuma acumulados en los tanques deben ser quitados a intervalos equivalentes a los períodos de limpieza previstos en el proyecto; - La remoción periódica de lórgamo y de espuma debe ser hecha por profesionales especializados que dispongan de equipos adecuados, a fin de evitar el contacto directo entre las personas y el lórgamo; - Es obligatorio el uso de botas y guantes de goma. En caso de remoción manual, es obligatorio el uso de mascarilla adecuada de protección (NBR 7229/1993); - Intervalo de limpieza de acuerdo con la Tabla 3 NBR 7229/1993.
<p>Filtro anaeróbico</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separación de sólidos y grasas; - Digestión de la materia orgánica. 	<p><u>Entrada:</u> agua oscura o efluente que proveniente de sistemas de pre tratamiento. <u>Salida:</u> efluente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Según la NBR 13969/1997, el filtro anaeróbico debe poseer una cubierta en losa de concreto, con la tapa de la inspección ubicada encima de la pipa-guía para el drenaje; - El filtro anaerobio debe ser limpio cuando se observe la obstrucción del cauce filtrante, observándose qué está dispuesto en NBR 13969/1997; - Conforme el normativo, los desechos resultantes de la limpieza del filtro anaerobio en ninguna hipótesis deben ser lanzados a cursos de agua y tampoco a las galerías de aguas pluviales. Su recepción en estaciones de tratamiento de aguas residuales está sometida a la previa aprobación y regulación anteriores de parte de la agencia responsable por el sistema de saneamiento local; - En el caso de que el sistema ya posea un cauce de secado, el desecho resultante de la limpieza del filtro anaerobio debe ser lanzado en aquél.
<p>Fosa Biodigestora</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestión de la materia orgánica. 	<p><u>Entrada:</u> agua oscura o marrón de (solo agua e heces), estiércol. <u>Salida:</u> Efluente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar una mezcla de 10 litros de agua y de 10 litros de estiércol fresco de reses, cabras u ovejas, a través de la válvula de la retención colocada antes de la primera caja. <u>Frecuencia:</u> Mensual.

Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>Biodigestor (reactor anaeróbico de biogás)</p> 	<p>- Digestión de la materia orgánica.</p>	<p><u>Entrada:</u> Estiércol fresco y residuos orgánicos, agua negra y agua marrón. <u>Salida:</u> Biogás, lécamo y efluente.</p>	<p>- Para poner en marcha el sistema, debe ser hecha la inoculación, con la adición del estiércol bovino o lécamo de fosas sépticas; - Los residuos orgánicos utilizados como sustrato deben ser triturados y mezclados con agua antes de la alimentación; - La válvula y los conductos de biogás deben regularmente estar limpios, de manera que la corrosión y las fugas sean evitadas.</p>
<p>Humedales construidos</p> 	<p>- Uso de nutrientes y reducción de patógenos.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente del sistema de remoción de grasas y sólidos, preferentemente proveniente de aguas grises y efluente del sistema de digestión de materia orgánica. <u>Salida:</u> biomasa vegetal y efluentes.</p>	<p>- Manejo y poda de las plantas. <u>Frecuencia:</u> cuando sea necesario, según el crecimiento del cultivo. - Observar visualmente la entrada del sistema para detectar el posible proceso de colmatación (atasco). <u>Frecuencia:</u> mensual.</p>
<p>Sumidero</p> 	<p>- Destino final.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente de tanque séptico u otra forma de tratamiento. <u>Salida:</u> agua para recarga del acuífero.</p>	<p>- Según NBR 13969/1997, la obstrucción de las superficies internas del fregadero es más precoz que en las zanjas de infiltración. En la ocasión de la sustitución por otro pozo, se recomienda exponer las paredes internas del sumidero reemplazado al aire libre, durante al menos seis meses para permitir la recuperación de la capacidad infiltrativa. Durante este período, el área debe estar aislada o el fregadero cubierto con una rejilla para evitar accidentes.</p>
<p>Pozo de infiltración</p> 		<p><u>Entrada:</u> efluente tratado, agua gris, agua amarilla. <u>Salida:</u> agua para almacenamiento en el suelo y recarga de acuíferos.</p>	<p>- No hay normativos. Se sugiere que la O&M sea la misma del sumidero. Sin embargo, el pozo de infiltración se utiliza para aguas grises y amarillas, por lo que los riesgos inherentes al sumidero son menores.</p>

Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>Zanja de infiltración</p> 	<p>- Reutilización o destinación final.</p>	<p><u>Entrada:</u> efluente tratado, agua gris, agua amarilla. <u>Salida:</u> agua para recarga de acuíferos y almacenamiento de agua en el suelo.</p>	<p>- De acuerdo con NBR 13969/1997, para mantener la condición aeróbica en el interior de la zanja de infiltración y desobstruir los poros del suelo (colmatación), debe ser previsto el uso alternado de zanjas; - El número mínimo de zanjas debe ser dos, cada uno que corresponde a 100% de la capacidad total necesaria. Es posible elegir tres trincheras, cada una con el 50% de la capacidad total. Las zanjas se deben alternadas en un plazo máximo de seis meses. En el caso del uso de la zanja de infiltración para aguas grises y aguas amarillas, los riesgos son menores que los de aguas residuales domésticas sin separación.</p>
<p>Filtro de Mulch</p> 	<p>- Reutilización o destinación final.</p>	<p><u>Entrada:</u> pequeñas cantidades de aguas grises o efluentes tratados. <u>Salida:</u> agua para recarga de acuíferos, biomasa vegetal.</p>	<p>- Manejo de plantas; - Cosecha de Frutas; - Reposición superficial de mantillo.</p>
<p>Círculo de plataneros</p> 	<p>- Separación de sólidos y grasas; - Digestión de materia orgánica. - Uso de nutrientes y reducción de patógenos. - Reutilización o destinación final.</p>	<p><u>Entrada:</u> Maderas, hojas secas y pajas, aguas grises y aguas amarillas. <u>Salida:</u> abono orgánico, frutas y biomasa vegetal, agua para recarga de acuíferos y almacenamiento de agua en el suelo</p>	<p>- Manejo de plataneros; - Cosecha de frutas; - Adición de residuos de podas; - Remoción del humus.</p>
<p>Tanque de Evapotranspiración (TEvap)</p> 	<p>- Digestión de materia orgánica. - Uso de nutrientes y reducción de patógenos. - Reutilización y destinación final.</p>	<p><u>Entrada:</u> agua negra o marrón. <u>Salida:</u> biomasa, fruta y agua de evapotranspiración, posible efluente concentrado.</p>	<p>- Manejo de las plantas; - Cosecha de frutas;</p>

Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>EvaTAC - Evapotranspiración y Tratamiento de Aguas Grises</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestión de materia orgánica. - Uso de nutrientes y reducción de patógenos; - Reutilización o destinación final. 	<p><u>Entrada:</u> agua gris clara, efluente de la caja de grasa, agua negra. <u>Salida:</u> biomasa de las plantas y del efluente que pueden utilizarse para disposición en el suelo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Manejo de las plantas; - Para verificar la altura del légamo en el compartimiento de digestión anaerobia para definir la necesidad de la remoción del légamo. <p><u>Frecuencia:</u> semestral.</p>
<p>Inodoro seco compostable</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestión de materia orgánica; - Uso de nutrientes y reducción de patógenos; - Reutilización o destinación final. 	<p><u>Entrada:</u> heces, orina, material secador, papel higiénico. <u>Salida:</u> materia orgánica estabilizada para el condicionamiento de suelos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A cada uso, las heces deben ser cubiertas con una mezcla de materiales secadores, sobre todo el aserrado; - Remoción del contenido de uno de los compartimientos. <p><u>Frecuencia:</u> anual.</p>
<p>Arborloo</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestión de materia orgánica; - Uso de nutrientes y reducción de patógenos; - Reutilización o destinación final. 	<p><u>Entrada:</u> heces, orina, papel higiénico y mezcla secadora (tierra + ceniza). <u>Salida:</u> biomasa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - A cada uso, las heces deben ser cubiertas con la tierra y/o los materiales secadores, disponibles en la región; - Observar el uso para prevenir la extravasación, dejando como mínimo 30 centímetros de espacio para el cierre con la tierra y la plantación de la muda.

Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>Vermifiltro</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Separación de sólidos y grasas; - Digestión de materia orgánica; - Uso de nutrientes y reducción de patógenos; - Reutilización o destinación final. 	<p><u>Entrada:</u> efluente del inodoro, agua gris, aguas residuales domésticas o aguas residuales pre tratadas.</p> <p><u>Salida:</u> efluente líquido.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La destinación de las aguas residuales después del tratamiento por el vermifiltro deberá ser evaluada de acuerdo con su calidad, observando siempre los límites estipulados para la legislación ambiental y las formas correctas de disposición final, de acuerdo con las características ambientales locales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Para quitar el exceso del humus de gusano de la capa superficial y reponer el aserrado hasta la altura inicial de esta capa. <p><u>Frecuencia:</u> semestral.</p>

Tecnologías	Etapa(s)	Entradas y Salidas	Aspectos de Operación y Mantenimiento (O&M)
<p>Compostaje</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Digestión de materia orgánica; - Uso de nutrientes y reducción de patógenos; - Reutilización o destinación final. 	<p><u>Entrada:</u> materiales orgánicos no contaminados.</p> <p><u>Salida:</u> composición.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Agregar materiales de cocina y jardinería durante el proceso. Prevenir la formación de capas espesas de un único tipo de material; - Cubrir siempre los residuos orgánicos de la cocina con césped cortado seco u otro material similar que cubra bien los materiales, previniendo la entrada de insectos. - Dar la preferencia por materiales más finos. Cuando la compostera esté llena o el apilado/surco esté a la altura recomendada, se debe parar para colocar material fresco, el cubrirla e iniciar el relleno de una nueva compostera o formación de un apilado/surco nuevo; - Remover/mezclar el material a fin de favorecer la aireación. - En caso de haber mal olor, exceso de humedad o/y baja aireación: remover el surco y cubrirlo con la composición madura. - Pueden además ser agregados papel perforado u hojas secas; - En el caso del apareamiento de hongos (color blanco gris), o en el caso del material no encontrarse a calentar tampoco a disminuir de volumen, puede que esté muy seco, y la solución es removerlo y agregarle agua; - Presencia de moscas: cubrir con hojas secas, tierra o con composición madura. Si el material presenta olor a amonio, agregar más material seco.

10 MEDIDAS APROPIADAS PARA DISMINUCIÓN DE LOS RIESGOS

10.1 PRINCIPIO DE LAS BARRERAS MÚLTIPLES

Para cada peligro o evento peligroso detectado, se debe identificar cuáles medidas de control son necesarias para prevenir, eliminar o para reducir el peligro a un nivel aceptable (Brasil, 2012). Los sistemas del saneamiento deben servir como una barrera o una serie de barreras contra diferentes tipos de patógenos. Una barrera significa una parte de la cadena de tratamiento o manoseo que reduce sustancialmente el número de patógenos (Stenström et al., 2011). Las barreras pueden entonces ser consideradas medidas de prevención y control, las cuales pueden referirse a tecnologías o a comportamientos. Para esta guía, se ha aplicado el abordaje propuesto por Stenström et al. (2011), que considera que un sistema de saneamiento abarca componentes técnicos (referente a las etapas y tecnologías usadas en el sistema) y en los no técnicos (comportamentales) que trabajan en sinergia para proteger la salud humana.

10.2 MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL

Llamamos, aquí medidas de prevención y control las medidas que pueden ser utilizadas para atenuar (reducir al mínimo) los riesgos relacionados con los eventos peligrosos a los que diferentes grupos de exposición (Cuadro 2) para ser expuestos, en diferentes etapas del sistema (Figura 2 y Tabla 4).

Tras del tratamiento, el riesgo subsiguiente de transmisión de enfermedades se relaciona con la fracción restante de patógenos después de la reducción proporcionada por la barrera tecnológica, al uso del propio sistema de saneamiento, bien como al manoseo o uso de los productos finales. Una línea de barreras de tratamiento (diferentes etapas) que funciona bien todavía debe ser evaluada con relación a los riesgos de transmisión de enfermedades correlacionadas para aquellos que utilizan el sistema (eventos peligrosos o peligros indirectos), manejando los productos finales o consumiendo cosechas fertilizadas con ellos.

Las medidas de cuño técnico pueden ser la tecnología en sí (como barrera para la reducción de patógenos), calidad del proyecto y ejecución de la obra y calidad de la operación y mantenimiento. Las medidas comportamentales dependen de valores y preferencias individuales (ej.: miedos, fobias, hábitos), restricciones (ej.: coste, tiempo, intereses), sentido de responsabilidad, bien como percepciones y prácticas socioculturales, que pueden ser reforzadas con la promoción de la salud y la higiene (OMS, 2016). Algunos ejemplos de estas medidas: uso de EPIs, limpieza higiénica de las manos, desinfección, limpieza y cocimiento de productos agrícolas. Las medidas comportamentales son muchas veces combinadas con las medidas técnicas. En la tabla 5 presen-

tamos de forma agrupada y resumida una gama de medidas que pueden ser consideradas para la disminución de riesgos de acuerdo con el evento peligroso, la etapa y la vía de exposición. La tabla ha servido como base para montar algunos escenarios, usando diversos arreglos, a ejemplificar el uso del contenido presentado en esta Guía.

Tabla 5. Ejemplos de eventos peligrosos relacionados con las etapas y las vías de exposición a que los diferentes grupos pueden estar expuestos, bien como la sugestión de medidas de prevención y control a ser tomadas para minimizar el riesgo.

Eventos peligrosos	Etapas de exposición	Vías de exposición	Medidas	
			Técnicas	Comportamentales
<ul style="list-style-type: none"> • Construcción inadecuada; • Operación y mantenimiento inadecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interfaz con el usuario; • Almacenaje, direccionamiento y transporte; • Separación de sólidos y grasas; • Digestión de materia orgánica; • Uso de nutrientes y reducción de patógenos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contacto con vectores; • Contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales; • Fuga; • Caída. 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción adecuada (diseño, materiales y mano de obra de calidad); • Mantenimiento y limpieza periódica de acuerdo con lo requerido por la tecnología empleada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hervir el agua antes de consumirla; • Usar calzados apropiados en los alrededores del sistema; • Quitar los restos de comida y los residuos de utensilios domésticos antes de fregar las vajillas (para evitar sobrecargar la caja de grasa y el atasco de las tuberías); • Quitar pelos y la pelusa de los desagües de la ducha, fregadero y lavabos (para evitar atascos en las tuberías); • Evitar la circulación de los usuarios en el lugar.

Eventos peligrosos	Etapas de exposición	Vías de exposición	Medidas	
			Técnicas	Comportamentales
<ul style="list-style-type: none"> Exposición al agua residual y / o sus fracciones durante la reparación y / o mantenimiento / limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> Interfaz con el usuario; Almacenaje, direccionamiento y transporte; Separación de sólidos y grasas; Digestión de materia orgánica; Uso de nutrientes y reducción de patógenos; Reutilización o destinación final. 	<ul style="list-style-type: none"> Ingestión; Contacto dérmico; Contacto con agua de Reutilización; Contacto con material de compost. 		<ul style="list-style-type: none"> Uso de EPIs durante el trabajo; Lávese las manos después del trabajo (higiene);
<ul style="list-style-type: none"> Exposición a gases generados durante el tratamiento; Exposición a gotas de aguas residuales o agua de Reutilización durante el mantenimiento de los sistemas y / o aplicación de agua de reutilización. 	<ul style="list-style-type: none"> Interfaz con el usuario; Digestión de materia orgánica; Uso de nutrientes y reducción de patógenos; Reutilización o destinación final. 	<ul style="list-style-type: none"> Inhalación de aerosoles y/o partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> Elegir el método de riego adecuado (subsuperficial) Cuidados en la conservación de la cubierta (tapones) de la etapa de digestión de materia orgánica. 	<ul style="list-style-type: none"> Tirar de la cadena con la tapa del inodoro cerrada; Mantener el rostro distante durante el trabajo; Uso de EPIs durante el trabajo; Evitar la circulación de los usuarios en el lugar.
<ul style="list-style-type: none"> Consumo de: * alimentos crudos, y/o sin cocinar y/o sin higienizar. * alimentos cultivados con compost y/o humus provenientes de un inodoro seco, y/u orina, y/o agua de Reutilización. 	<ul style="list-style-type: none"> Reutilización o destinación final. 	<ul style="list-style-type: none"> Consumo de productos agrícolas contaminados. 	<ul style="list-style-type: none"> Elegir la cultura adecuada; Control de la aplicación antes de la cosecha; Elegir el método de riego adecuado. 	<p>Hacer el procedimiento adecuado antes de la consumición:</p> <ul style="list-style-type: none"> Si se consumen crudos: lavar y desinfectar. Si se consume cocinados: lavar y cocinar.

11 MONTAJE DE ESCENARIOS DE RIESGO

La exposición puede ocurrir en diferentes etapas del sistema, bien como los expuestos pueden variar a lo largo de las etapas involucradas en la disposición seleccionada para el tratamiento. La elaboración de un escenario de riesgo depende fuertemente del contexto local. A ejemplificar, hemos utilizado aquí como base una vivienda ubicada en zona urbana o agrícola, sin la atención de la red de manejo integral de residuos. En la vivienda residen 4 personas, de las que 2 son adultos y las otras 2 son niños, que reciben visitas esporádicas. Hemos aplicado diversas disposiciones tecnológicas para atender estas condiciones, obteniendo un total de 10 escenarios, procurando clarificar los eventos peligrosos relacionados con cada grupo de exposición.

Es importante reforzar que el hecho de que una familia cuente con un sistema de manejo integral de residuos ubicado en su solar convierte a la familia (usuarios) en un grupo de exposición. Sin embargo, en sistemas diseñados, construidos y mantenidos de forma adecuada, la exposición es mínima. Una de las medidas de la prevención eficaces es el aislamiento del área donde se implanta el sistema, previniendo la exposición, especialmente de niños. Generalmente, en la zona agrícola, donde la disponibilidad de área usada es más grande, es posible construir los sistemas más alejados de la vivienda.

En el caso de sistemas unifamiliares, la comunidad estará expuesta en caso de contaminación del nivel freático por filtraciones o infiltraciones en aguas subterráneas. El riesgo es mínimo, tanto para los usuarios como para la comunidad cuando existe el abastecimiento de agua de la empresa proveedora. Por otra parte, el riesgo es alto tanto para los usuarios como para la comunidad cuando el agua utilizada para fines potables es colectada de pozos, lo que es más común en áreas agrícolas. Otra ocasión de exposición de la comunidad es la consumición de los alimentos cultivados con agua de reutilización o de recursos del saneamiento, tanto por la comercialización como por la visita ocasional a familias que hacen el uso de esos recursos. Ese riesgo solo es considerable cuando los productores y consumidores no toman medidas preventivas y correctivas.

La presencia de vectores les convierte tanto a los usuarios (vecinos) como la comunidad (vecindad) susceptibles a riesgos de contaminación, siendo esencial el mantenimiento correcto de los sistemas, incluso en las regiones atendidas por redes de gestión integral de residuos, puesto que es común la presencia de vectores como cucarachas en las cajas de grasa y ratas en las redes de aguas residuales. Para los detalles del mantenimiento de las tecnologías propuestas en las disposiciones a continuación, consultar la Tabla 4.

En todos los escenarios, el grupo principal de exposición es el operador del sistema, que con el simple uso de EPIs y la limpieza higiénica de las manos con agua y jabón después del mantenimiento reduce ya al mínimo los riesgos de contaminación. Lo mismo se aplica en el caso del

agricultor. Para los sistemas individuales, generalmente el mantenimiento y/o la aplicación en agricultura es hecha por el padre de la familia. Las medidas preventivas y correctivas presentadas en los escenarios son las principales. Para detallar más, consultar la Tabla 5.

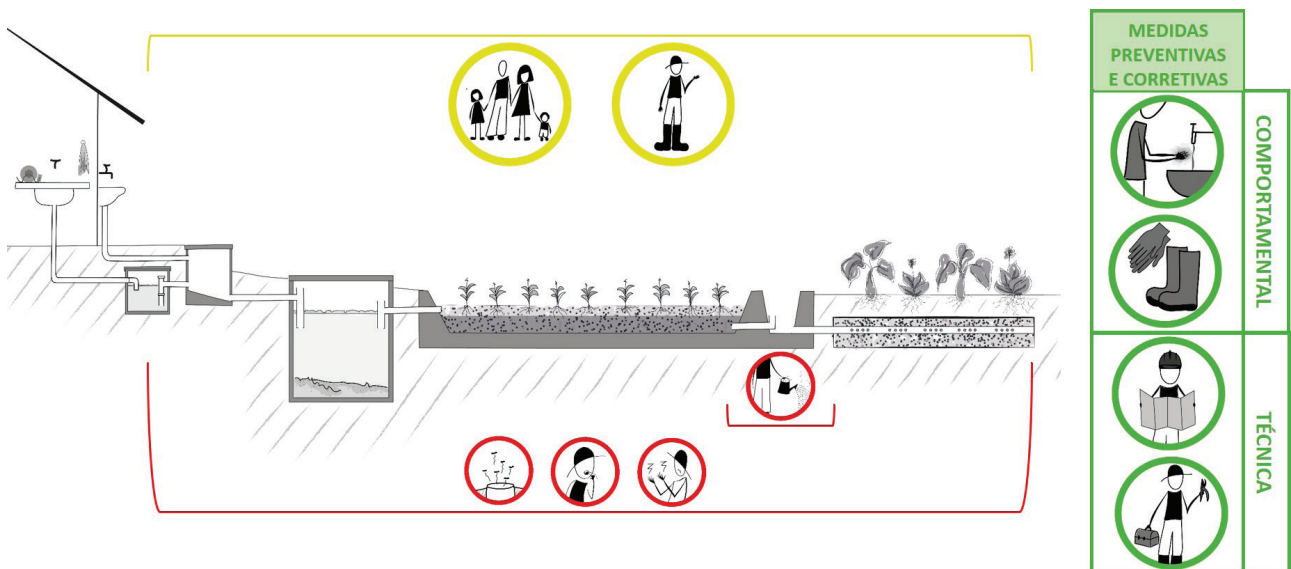
Escenario 1

El escenario ilustrado en la Imagen 3 ha sido elaborado para el tratamiento del agua gris (todas las fracciones). El sistema incluye una caja de grasa (para la fracción que viene del fregadero de la cocina), una caja de paso - donde se juntan todas las fracciones de aguas grises, un tanque séptico y un humedal construido (CW) de flujo horizontal subsuperficial. Para el efluente tratado, se puede para dar 2 destinaciones: para hacer la infiltración en una zanja, que puede ser plantada o no, o utilizar el efluente como agua de reutilización, colectando justo después el CW.

En condiciones adecuadas de construcción, operación y mantenimiento, los principales eventos de exposición son i) mantenimiento, ii) colecta y aplicación del agua de Reutilización, iii) circulación de niños en el área del CW y zanja de infiltración y iv) consumo de alimentos crudos y/o sin haber sido cocinados y/o sin la debida limpieza higiénica, en caso de que estos sean cultivados con el agua de reutilización o en la zanja de infiltración. Las vías de exposición principalmente la oral y la dérmica. En el caso de la aplicación de agua de reutilización, también existe el riesgo de inhalación, debido a los aerosoles, que son partículas que quedan suspendidas en el aire durante unas horas y pueden ser transportadas por el viento.

En eventos ocurridos debido a un fallo del sistema o a un incidente, o aún relacionados a factores estacionales o climáticos, puede, por ejemplo, ocurrir el atasco del lecho del CW y, como consecuencia, el desbordamiento de la superficie, lo que ocasionar fugas y atraer vectores. Para garantizar el buen funcionamiento del sistema en su totalidad es importante evitar tirar grasas y las porciones restantes de alimentos en el desagüe del fregadero de la cocina (medida comportamental).

Imagen 3. Conjunto tecnológico para el agua gris (todas las fracciones): caja de grasa + tanque séptico + humedal construido + zanja de la infiltración con las plantas (opción de reutilización paisajística - zanja de infiltración o recolección del agua de reutilización después del CW para uso diverso).



Escenario 2

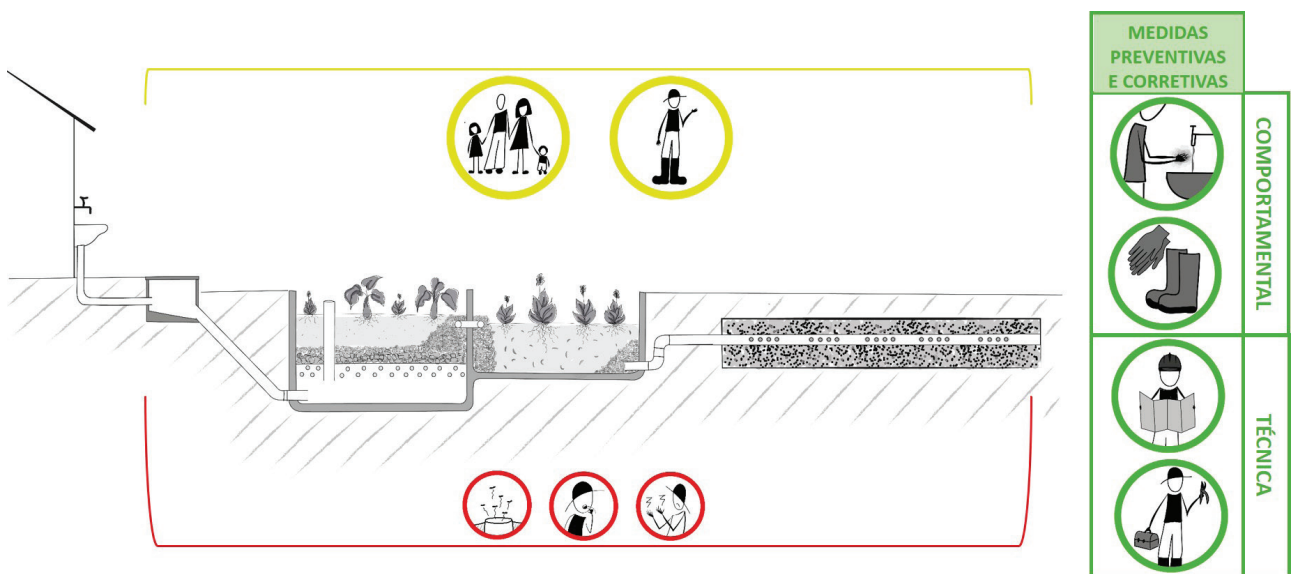
Esta disposición tecnológica es propuesta para el tratamiento del agua gris clara y se compone de una caja de paso, seguida por el EvaTAC (Evapotranspiración y tratamiento del agua gris) y una zanja de infiltración (*Imagen 4*). Así como en el escenario 1, también es posible hacer reutilización del efluente tratado. En el caso de una zona urbana, donde existe una red de recogida de aguas residuales, el efluente tratado puede descargarse a la red.

En el caso del EvaTAC, que tiene un atractivo paisajístico, la jardinería, que forma parte del mantenimiento del sistema, es un evento de exposición, que generalmente no se ve como tal, ya que se trata de poda de plantas. Aunque el efluente tratado no está expuesto en ninguna etapa del sistema es necesario utilizar guantes durante la jardinería. Puesto que este sistema va generalmente a formar parte del jardín de la vivienda, se debe alertar a los niños a no tocar las plantas del sistema, evitando, además, tirar la pelota o cualquier objeto que pueda forzar el niño a subir al EvaTAC.

La acumulación de lodos en la cámara de digestión se considera baja, sin embargo, puede ser necesario removerla, y la altura de la capa debe revisarse cada 6 meses como medida preventiva. Si es necesario eliminar el exceso de lodos, el servicio debe ser realizado por “limpia fondos”, tal y como se hace en fosas sépticas.

Para este tipo de tecnología, las medidas comportamentales de prevención, como la remoción del pelo y pelusas de los desagües de ducha, lavadero y de los lavabos, son esenciales para evitar atascos en la tubería y reducir al mínimo la formación del légamo. Así como en el CW, fallos en el mantenimiento o eventos climáticos extremos pueden conducir al desbordamiento del lecho.

Imagen 4. Conjunto tecnológico para el agua gris clara: caja de paso + EvaTAC + zanja de infiltración (sin la reutilización del efluente final).



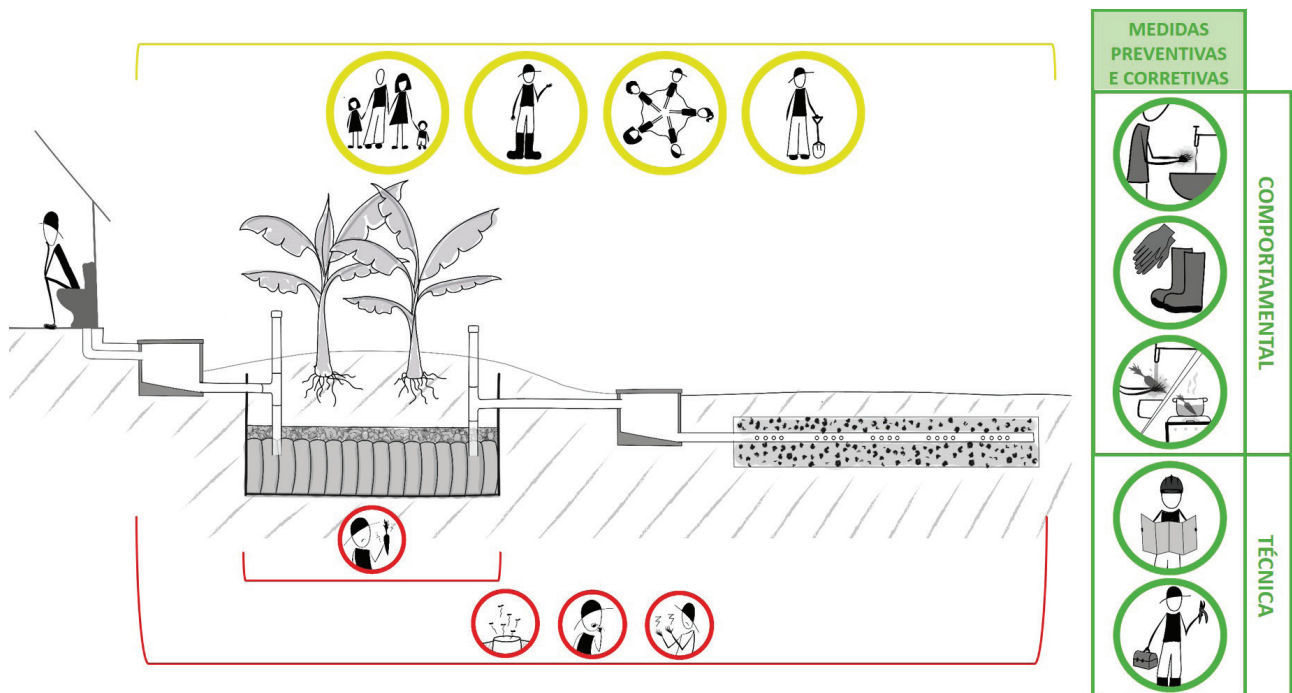
Escenario 3

Este escenario muestra el tratamiento del agua del inodoro usando un tanque de evaporación - TEvap. La composición está constituida de dos cajas de pasaje: una antes y otra después del tanque, para conducir de eventuales efluentes para la zanja de infiltración, que puede ser plantada o no (Tabla 5). El TEvap es dimensionado para evaporar todas las aguas residuales del inodoro, en condiciones normales de lluvias y de uso del sistema. En ocasiones de lluvias torrenciales por encima de la media de precipitación del lugar y en casos del uso extremo del inodoro o de la cisterna desregulada, que deben ser conducidos a la zanja de infiltración.

Por lo tanto, los riesgos de contaminación ocurren en los eventos donde hay contacto directo con la tierra del interior del tanque, la tierra por encima de la zanja de infiltración, las partes subterráneas de las plantas manejadas en los sistemas o el contenido de las cajas de pasaje y tuberías, siendo el operador el grupo de mayor exposición. Todos los tipos de mantenimiento en el TEvap, en las cajas de pasaje y de la zanja de infiltración se deben hacer con el uso de EPI (principalmente guantes). Después del contacto con las plantas y la tierra de las camas de la corriente de la plantación, se debe hacer la limpieza higiénica de las manos.

Los plátanos y otras frutas producidas en el TEvap no presentan la contaminación microbiológica, desde que no tengan contacto con la tierra. En caso de que se utilicen otras culturas comestibles, el procedimiento adecuado debe ser hecho antes de la consumición.

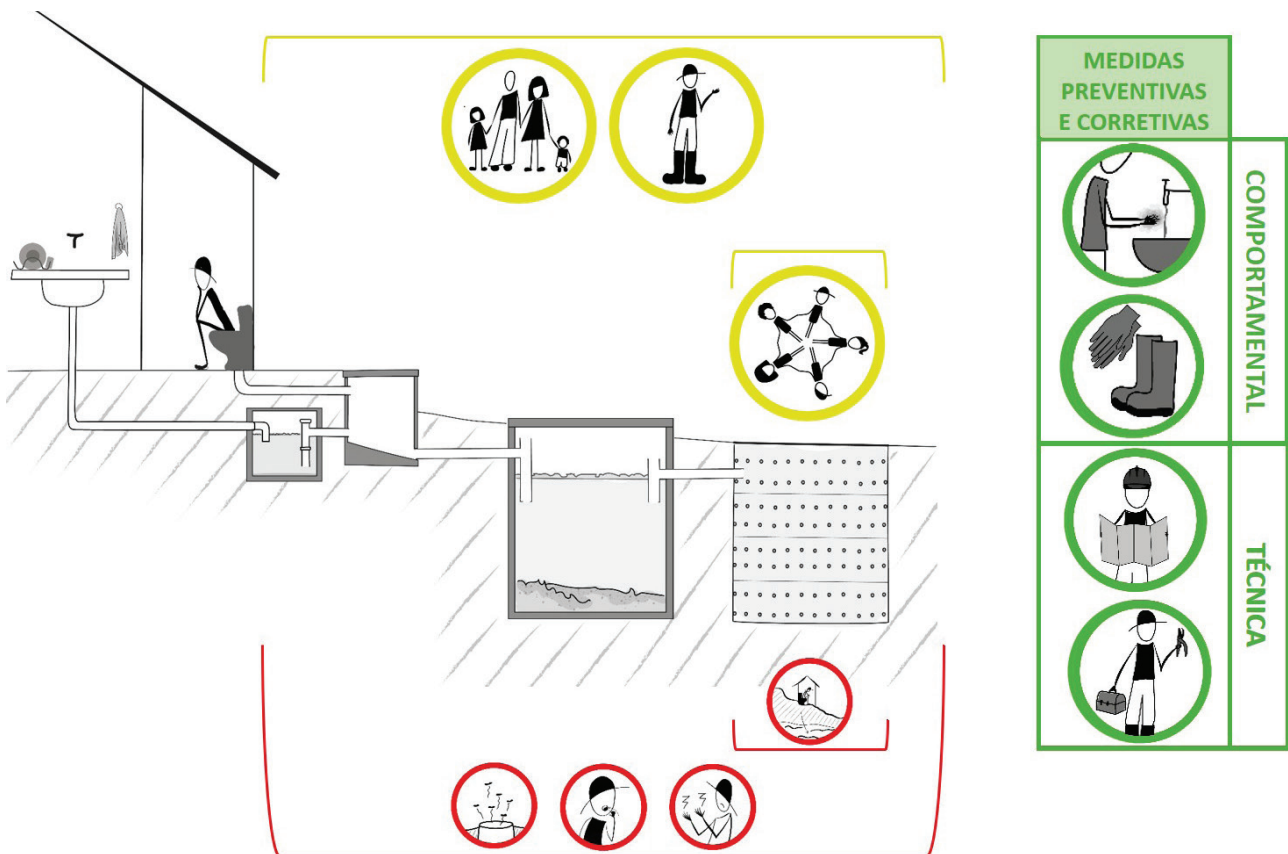
Imagen 5. Conjunto tecnológico para agua oscura (inodoro): caja de pasaje + TEvap + caja de pasaje + zanja de infiltración.



Escenario 4

La combinación de la caja de grasa (para la fracción de la cocina) caja de pasaje (unión de todas las tuberías), seguida del tanque del séptico y del sumidero (Imagen 6) es el conjunto más utilizado para las áreas que no son atendidas por la red de saneamiento. Cuando está proyectado, construido y operado de acuerdo con las normas (NBR 7229/1993 y NBR 13969/1997) la exposición es baja, tanto para los usuarios como para el operador, siendo que el evento de exposición está relacionado con el vaciado del tanque séptico, que debe ser realizado por empresa profesional. El problema principal de este tipo de conjunto es que difícilmente es posible saber si fue construido adecuadamente, con las dimensiones correctas para la sobrecarga, impermeabilización del tanque séptico y la distancia mínima de la capa freática para el sumidero. En ese caso, tanto los usuarios como la comunidad a ser expuestos a la consumición de agua contaminada, en el caso del uso de los pozos para el suministro de agua potable, especialmente porque este conjunto no contempla post tratamiento después del tanque séptico, infiltrando en el subsuelo un efluente con calidad que puede contaminar la capa freática.

Imagen 6. Conjunto tecnológico para aguas residuales convencional (todas las fracciones, completo): caja de grasa caja de paso + tanque séptico + sumidero.



Escenario 5

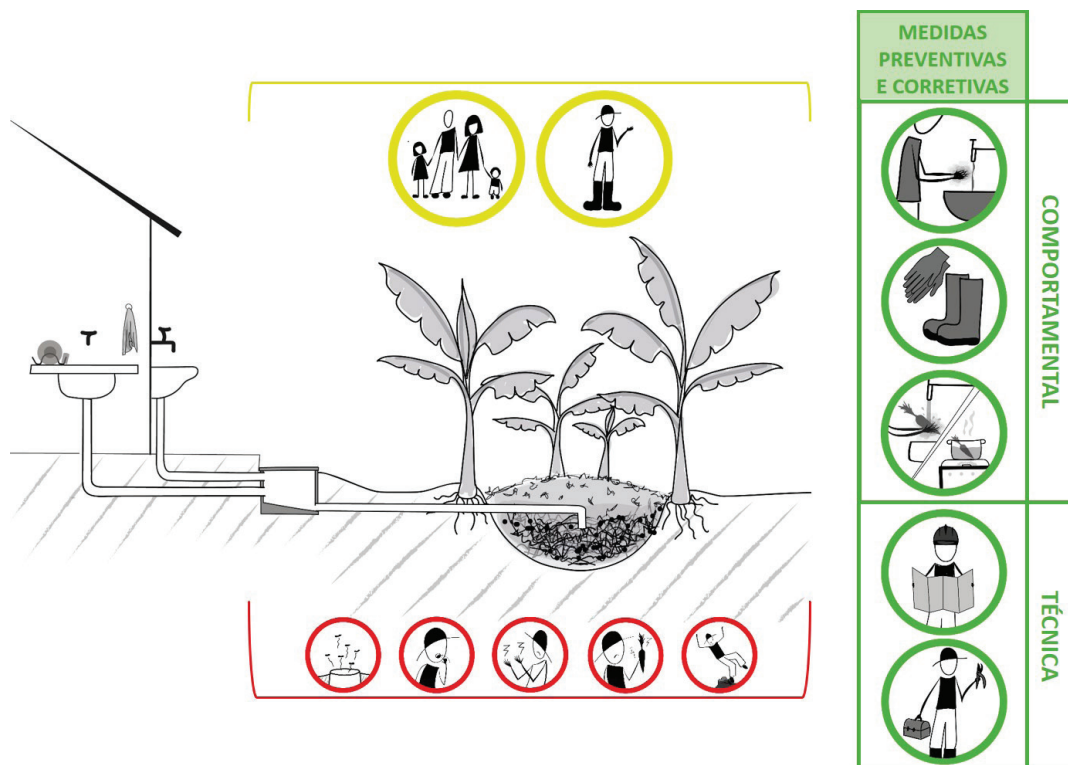
El círculo de los árboles de plátano es adecuado para recibir tanto el agua gris claro como el agua gris de la cocina (que contiene más materia orgánica). La caja de pasaje solo compone el conjunto cuando el círculo recibe más de una fracción de agua gris (Imagen 7).

Los eventos de exposición relacionados con esta tecnología son mala ejecución del proyecto (por ejemplo: la excavación muy profunda, inclusión innecesaria de la caja de grasa), manipulación de materia orgánica potencialmente contaminada, riesgo de caída (en el caso de fallos en el relleno de la excavación) y presencia de vectores.

Los materiales orgánicos secos agregados inicialmente van descomponiéndose y necesitan ser repuestos constantemente. Para garantizar que el efluente no se quede aparente y que no falte materia orgánica para el funcionamiento del sistema, la materia orgánica debe ser añadida hasta 0,30m por encima del suelo. La densidad adecuada del material también disminuye la probabilidad de la presencia de animales indeseables en el sistema.

El contenido del interior del círculo se debe siempre considerar contaminado, aun recibiendo solo agua gris. En el manejo de la materia orgánica y de las plantas, debe ser observado el uso de guantes y de botas y la adecuada limpieza higiénica de las manos. Los niños deben ser orientados a no quedarse en el lugar del círculo, debido al riesgo de caída y de contaminación por contacto dérmico. Los frutos producidos en el sistema pueden ser consumidos normalmente, desde que no tengan contacto con el suelo. En caso de que otros tipos de culturas se utilicen, la cultura adecuada se debe elegir, además del procedimiento adecuado antes de la consumición (lavado y cocimiento).

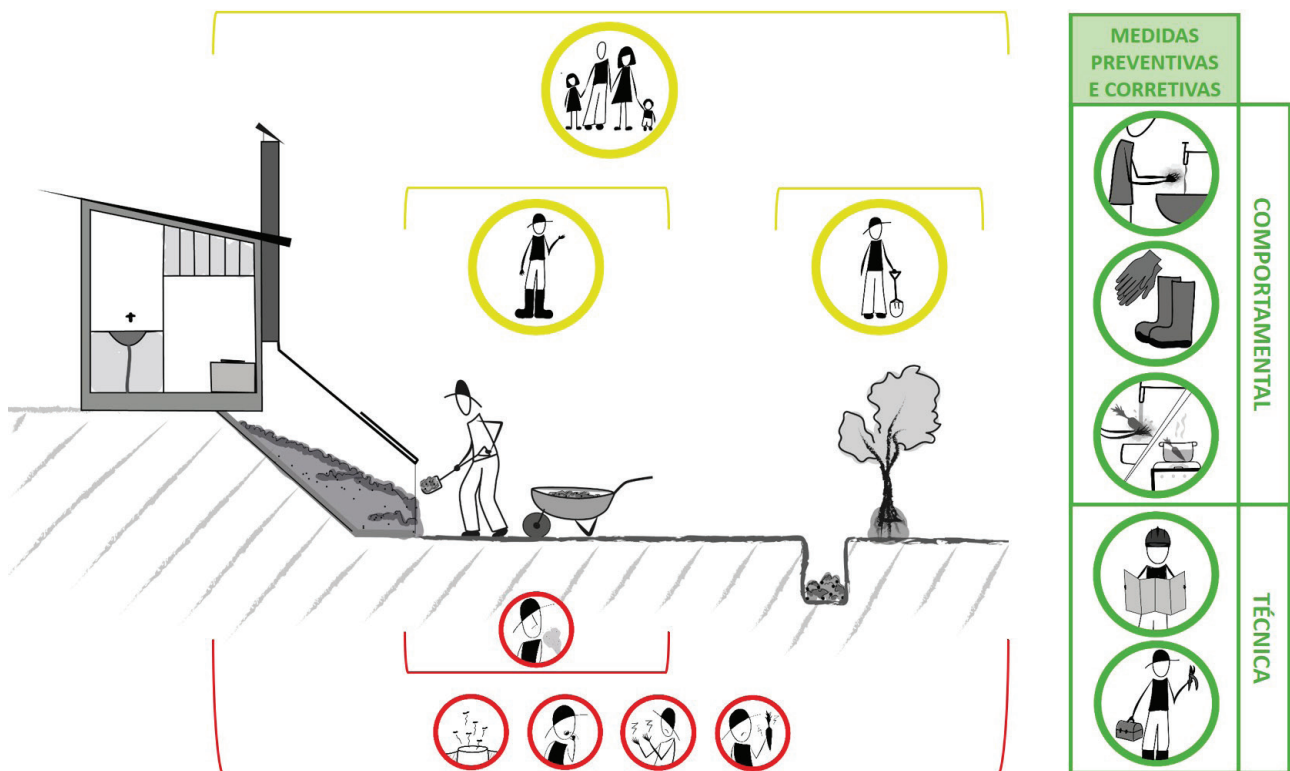
Imagen 7. Conjunto tecnológico para el agua gris (toda las fracciones): caja de paso + círculo de plataneros.



Escenario 6

Este escenario está compuesto de la interfaz con el usuario, que es el propio inodoro, combinado al tratamiento de excretas en un compartimiento conectado con el cuarto de baño, llamado inodoro seco compostable (imagen 8). El conjunto también incluye la disposición final del compost en forma de zanja para la fertilización de árboles. El operador/el granjero será expuesto cuando revuelva material, al llenar el carrito o cubo con el compost listo y al descargarlo. En este caso, la inhalación es una vía considerable de exposición, ya que el compuesto deshidratado puede emanar partículas cuando se manipula. El uso de mascarilla también es recomendado, en el caso. En este sistema las medidas preventivas comportamentales son muy importantes prevenir el mal olor y la proliferación de insectos (agregando material secante adecuadamente y manteniendo la cubierta del inodoro cerrada, entre otras). Para eliminar la vía de exposición relacionada con la ingestión de alimentos contaminados, lo ideal es que el compuesto no se utilice para cultivos alimentarios. Si no es posible, se debe elegir el cultivo adecuado, hacer un control de aplicación precosecha y, además, realizar el procedimiento adecuado antes del consumo.

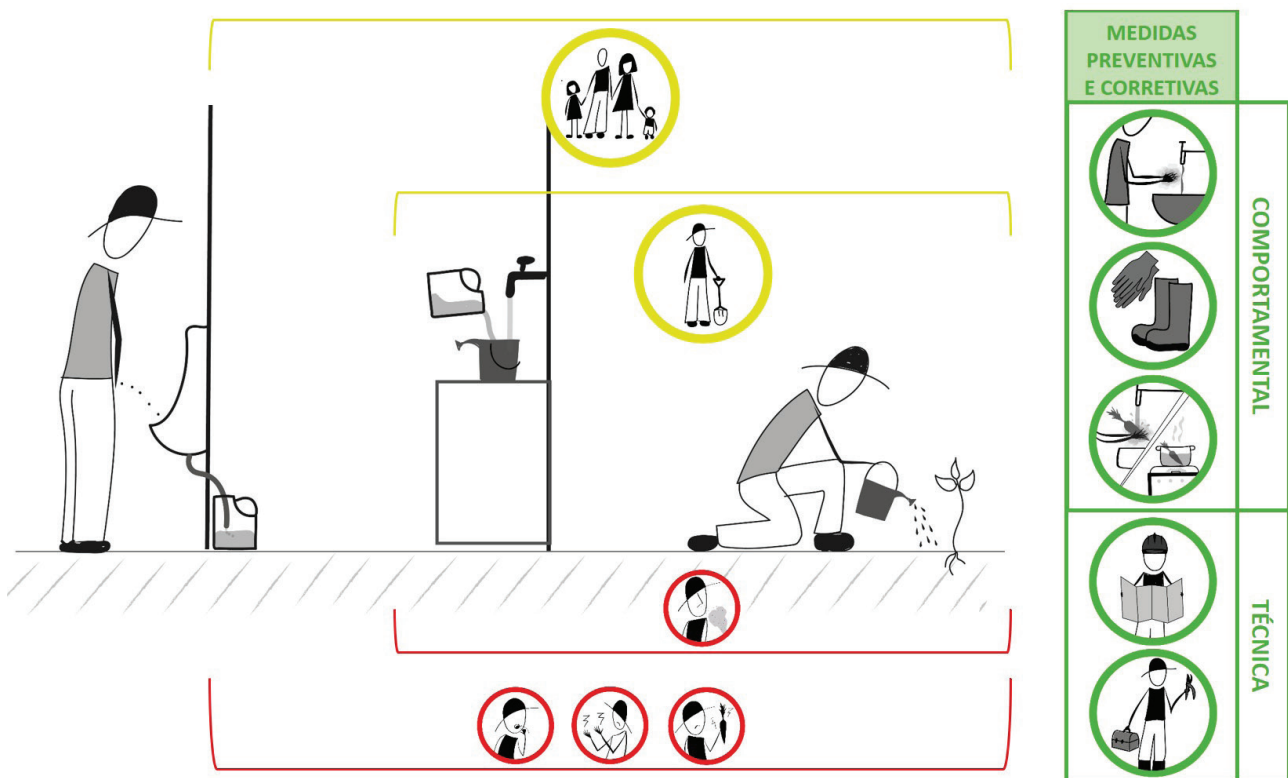
Imagen 8. Inodoro seco compostable.



Escenario 7

La separación de la orina es un escenario que puede ser aplicado por separado, por ejemplo en la puesta en práctica de mingitorios masculinos, o en inodoro separado, con o sin el uso del agua para descarga. Puede ser una buena opción para evitar el exceso de humedad en los servicios secos, como el ejemplo del escenario 6. Generalmente, cuando en escala unidomiliar, en zona urbana o rural, la orina colectada es aprovechada localmente. De esa forma el conjunto tiene 4 etapas: recogida, almacenaje, dilución y aplicación (Imagen 9), siendo que los eventos de exposición son la dilución, la aplicación y la consumición de alimentos cultivados con la orina. Se recomienda el uso de EPIs (principalmente guantes) y a la elección del método de irrigación adecuado, previniendo la emanación de gotas y de aerosoles. De la misma forma que en todos los escenarios que consideran el aprovechamiento de los nutrientes de la excreta humana o el agua reutilización, se sugiere, como medidas para la disminución de riesgos de la contaminación, la elección adecuada de la cultura y la realización del procedimiento adecuado antes de la consumición. En el caso de la irrigación con orina, se recomienda un intervalo de 30 días entre la aplicación y la cosecha, además de prevenir la irrigación directa en la planta.

Imagen 9. Separación de orina y uso en la agricultura para la fertilización.



Escenarios 8, 9 y 10

Las imágenes 10, 11 y 12 ilustran escenarios comúnmente encontrados en lugares no atendidos por la red de recogida de aguas residuales. Estos escenarios pueden ser encontrados aislados y muchas veces combinados, siendo el uno la consecuencia del otro. Por ejemplo, una casa con una fosa séptica de tamaño inadecuado y sin un sumidero funcionará como una fosa absorbente que, según el tipo de suelo, se llenará rápidamente. Para prevenir el coste del vaciado, se suele desconectar la tubería del lavadero, de la lavadora o el fregadero de la cocina, para disminuir el volumen recibido en la fosa. Otra práctica es, en lugar de vaciar, abrir nuevas dolinas, también absorbentes. En el caso del agua gris a cielo abierto, las vías de exposición son por la proliferación de vectores, el contacto dérmico, además del riesgo de caídas. Para la fosa absorbente, se añaden la ingestión del agua contaminada (el uso de los pozos para suministro) y la inhalación, pues muchas veces las fosas son precariamente cubiertas y puede ocurrir el escape de gases.

Es muy común encontrar la disposición de las porciones restantes de alimentos directamente en huertos o plantas en general, por la idea equivocada de que es una práctica de compostaje. Los eventos de exposición con esta práctica son la exposición de los usuarios (y la comunidad) a los vectores, además del riesgo de que los niños o los animales consuman los restos de alimentos degradados. La medida de prevención, en ese caso, es construir un compostaje doméstico (Tabla 4).

Estas situaciones pueden ser evitadas a través de la elección de soluciones tecnológicas apropiadas, con la separación de las fracciones en la fuente y el aprovechamiento de los recursos o no (CataloSan, 2018), al considerar el contexto local.

Imagen 10. Disposición incorrecta - agua gris (para cualquier fracción) directamente en el suelo.

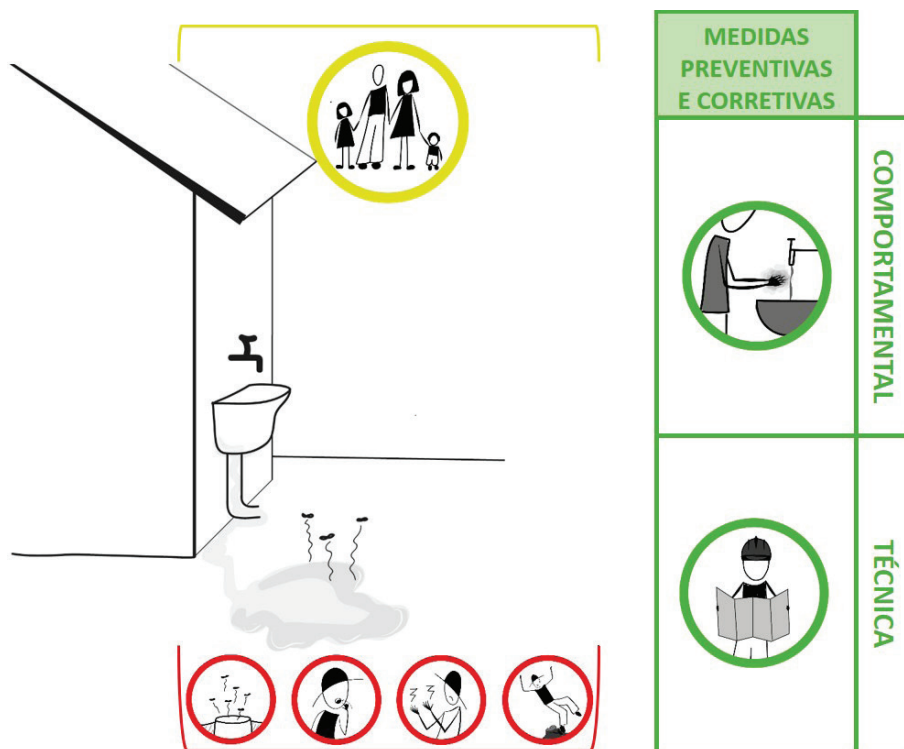


Imagen 11. Disposición incorrecta - aguas residuales domésticas en fosa absorbente (rudimentaria).

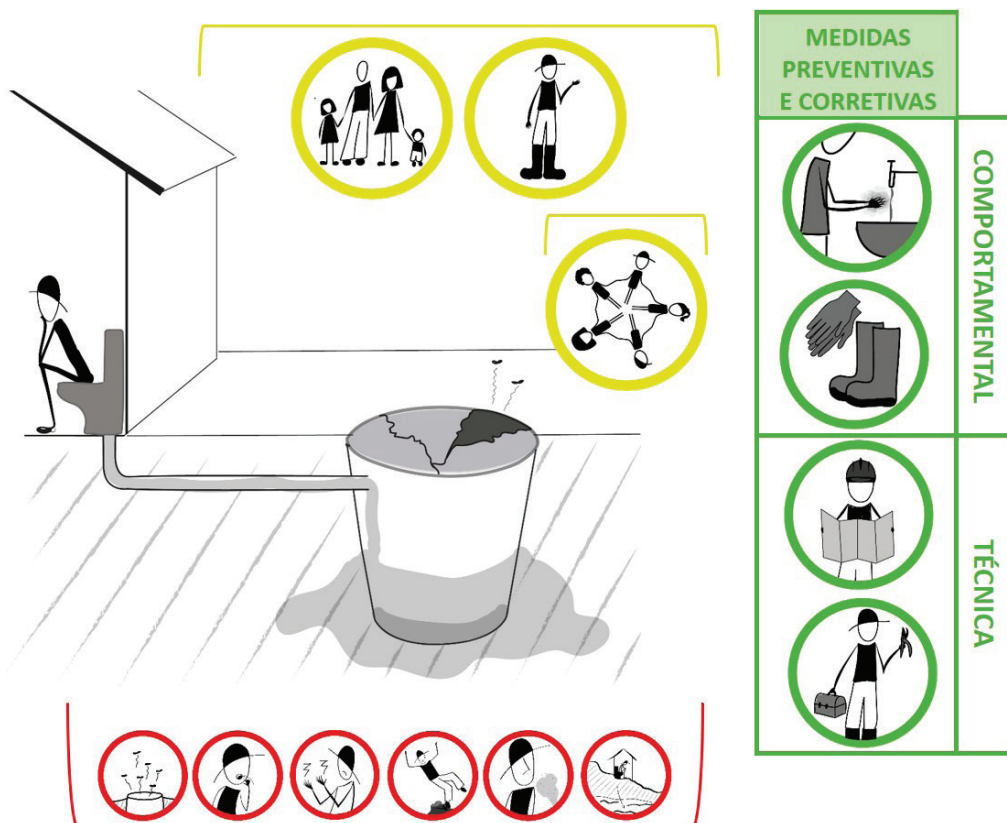
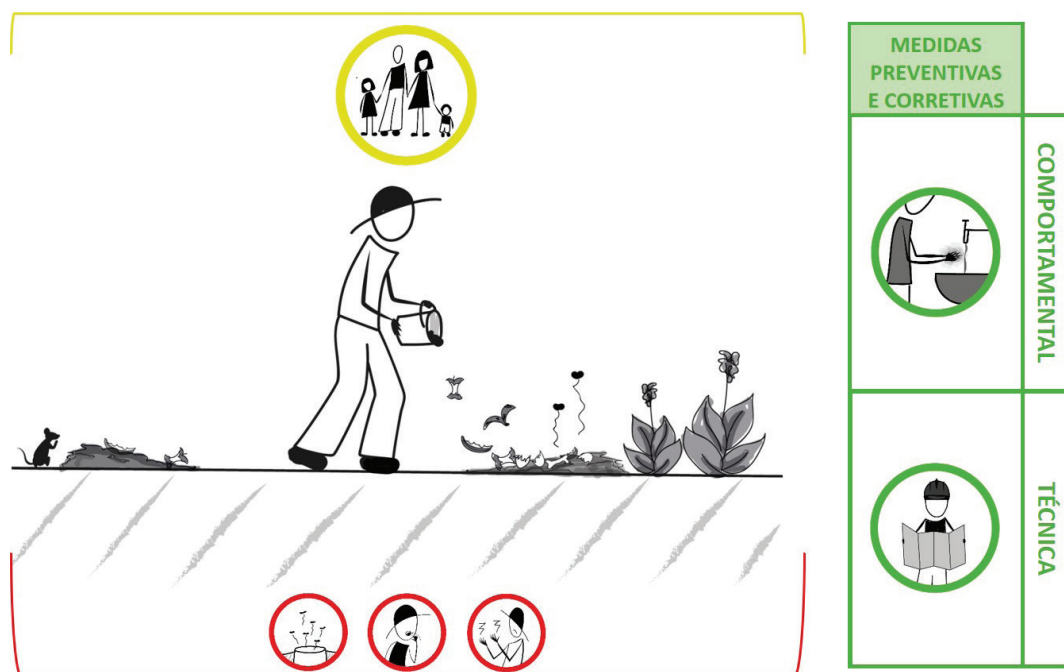


Imagen 12. Disposición incorrecta - restos de comida directamente en el suelo.



12 AGRADECIMIENTOS

Esta Guía se inspiró en el catálogo CataloSan - de soluciones sostenibles de saneamiento: gestión de efluentes domésticos, publicado en 2018, resultado de un proyecto de investigación financiado por la Fundación Nacional de Salud - FUNASA (Acuerdo No 403/2011).

De 2015 a 2017, tuvimos el placer de recibir a profesor Axel Stenström, profesor visitante especial de Thor para el CNPq (Proceso n.º 400779/2014-0), que compartió con nosotros su conocimiento y experiencia extensos en la evaluación del riesgo microbiológico para los sistemas del saneamiento. El contenido de esta guía fue basado principalmente en 2 publicaciones en las cuales el Prof Stenström participó: *Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems* y del manual *Sanitation Safety Planning* de la Organización Mundial de la Salud.

Agradecemos también a la Coordinación de Perfeccionamiento de Personal de Nivel Superior - CAPES, la Fundación de Ayuda a la Investigación de la provincia de Minas Gerais - FAPEMIG y el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología en Estaciones Sostenibles de Tratamiento de Aguas Residuales - INCT ETEs Sostenibles y la Fundación Universidad Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS.

13 REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

ABNT - 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, 1997. p. 60.

BITTON, G. **Microbial indicators of fecal contamination**: application to microbial source tracking. Report submitted to the Florida Stormwater Association. 719, p. 4–6. 2005.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 135, p. 1. 16 jul. 2020. PL 4.162/2019. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/32462863/publicacao/32491972>. Acesso em: 26/11/2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Plano de segurança da água**: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS. Brasília: Ministério da Saúde, 2012. 60 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Funasa, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **CataloSan**: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde; Paula Loureiro Paulo, Adriana Farina Galbiati, Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho. Campo Grande: UFMS, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. Brasília, 2018. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 26/11/2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2017**: abastecimento de água e esgotamento sanitário / IBGE, Coordenação de População e Indicadores Sociais – Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

MAGALHÃES FILHO, F.J.C. *et al.* Sustainable Sanitation Management Tool for Decision Making in Isolated Areas in Brazil. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, 16, p. 1118. 2019. DOI 10.3390/ijerph16071118.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Resolução A/RES/64/292**. Genebra: ONU, 2010. Disponível em: www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292. Acesso em: 26/11/2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://unric.org/pt/objetivo-6-agua-potavel-e-saneamento-2/>. Acesso em: 26/11/2020.

OMS - Organização Mundial da Saúde. **Planeamento da segurança do saneamento: Manual para o uso e eliminação segura de águas residuais, águas cinzentas e dejetos**. Lisboa: OMS, 2016. Disponível em: www.who.int. Acesso em: 26/11/2020.

PAULO, P. L., *et al.* Ferramentas de avaliação de sustentabilidade em sistemas de tratamento de esgotos descentralizados. *In: DOS SANTOS, A. B. et al. Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregadas e não segregadas em empreendimentos habitacionais*. Fortaleza: Imprece, 2019. cap 9, p. 746-812.

STENSTRÖM, T. A., *et al.* **Microbial Exposure and Health Assessments in Sanitation Technologies and Systems**. SEI International. Estocolmo: 2011. Disponível em: www.ecosanres.org. Acesso em: 26/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Global costs and benefits of drinking-water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage**. Genebra: WHO, 2012. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/global_costs/en/. Acesso em: 26/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Safer Water Better Health**. Genebra: WHO, 2019. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitationhealth/publications/saferwater-better-health/en/. Acesso em: 26/11/2020.

WHO - World Health Organization. **Water sanitation and hygiene for accelerating and sustaining progress on neglected tropical diseases**. Genebra: WHO, 2015. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/wash-and-ntd-strategy/en/. Acesso em: 26/11/2020.

SOBRE LOS AUTORES/LOS ORGANIZADORES:

Paula Loureiro Paulo – Ingeniera Química de la Universidad Estatal de Maringá (UEM). Máster en Ingeniería en Salud Pública de la Universidad de Leeds - Reino Unido; Doctorado en Ciencias Ambientales por la Universidad de Wageningen - WUR, Holanda. Profesora asociada de la Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Urbanismo y Geografía - FAENG de la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Fernando Jorge Correa Magalhães Filho – Ingeniero Sanitarista. Doctorado en Saneamiento Ambiental y Recursos Hídricos por la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul. Beca de productividad por CNPq. Experto en Gestión de Proyectos (USP). Profesor de la Universidad Católica Dom Bosco.

Adriana Farina Galbiati – Ingeniera ambiental, consultora e instructora en Permacultura, Máster en Tecnologías Ambientales por la UFMS, coautora de CataloSan - Catálogo de Soluciones de Saneamiento Sostenible.

Karen Midori Takahashi – Tecnóloga en Procesos Ambientales por la Universidad Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR) e Ingeniera Ambiental por la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Experta en MBA Pericia, Auditoría y Gestión Ambiental por el Instituto de Posgrado y Grado (IPOG). Máster en Tecnologías Ambientales por la UFMS.

Aline Paiva Moreira – Ingeniera agrónoma por la Universidad Estatal de Mato Grosso do Sul (UEMS). Máster en Recursos Naturales por la Universidad Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Doctorando en Tecnologías Ambientales por la UFMS.

Ilustraciones: Érika Galbiati Carvalho.

14 APÉNDICE

Hágalo usted mismo

Después de conocer la **Guía para la implementación de saneamiento sostenible y seguro: efluentes domésticos y residuos sólidos orgánicos**, indíquenos qué tecnología(s) se utiliza(n) para el tratamiento o la disposición de aguas residuales domésticas o su(s) fracción (es) en su casa.

Tome papel, bolígrafo, tijeras y pegamento y arma su conjunto, usando las ilustraciones disponibles en este apéndice, tratando de responder:

¿Cuáles son los eventos de exposición al riesgo?

¿Cuáles son los grupos de exposición / grupo de riesgo?

¿Cuáles son las vías de exposición al riesgo?

¿Cuáles son las medidas preventivas y correctivas para minimizar los riesgos?

Grupos de exposición (Grupo de riesgo)

Usuario



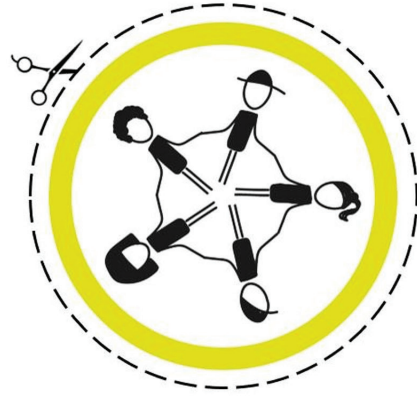
Operador



Granjero



Comunidad



Vías de exposición

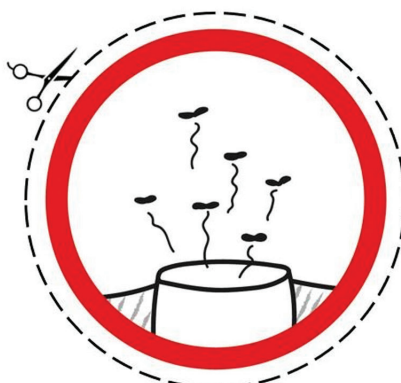
Ingestión



Contacto dérmico



Contacto con vectores



Inhalación de aerosoles y / o partículas



Contaminación de aguas subterráneas y/o superficiales



Contacto con agua de Reutilización



Consumo de producción vegetal

Contacto con material de compostaje



Caídas

Fugas



Medidas preventivas y correctivas para minimizar los riesgos

Uso de EPI



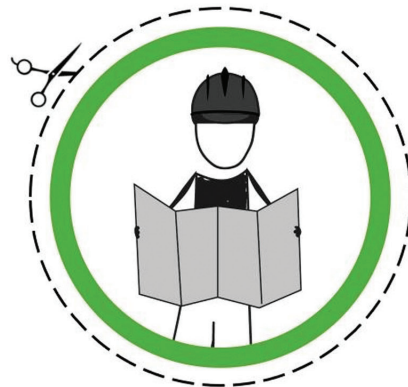
Higiene de las manos



Mantenimiento



Proyecto

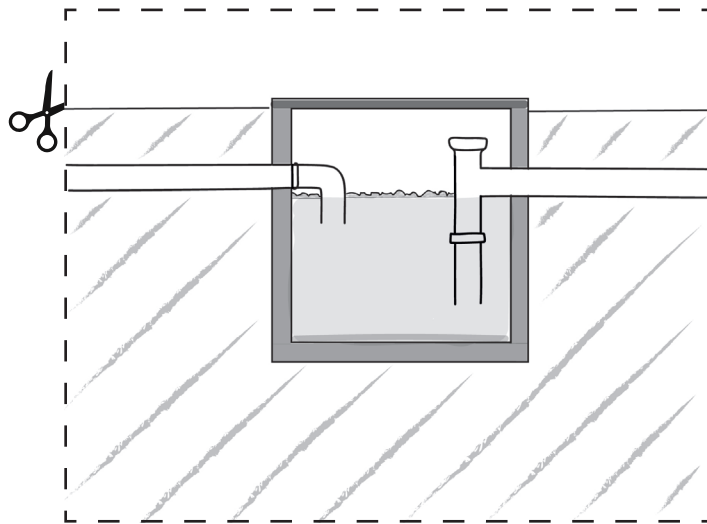


Cuidado con el alimento



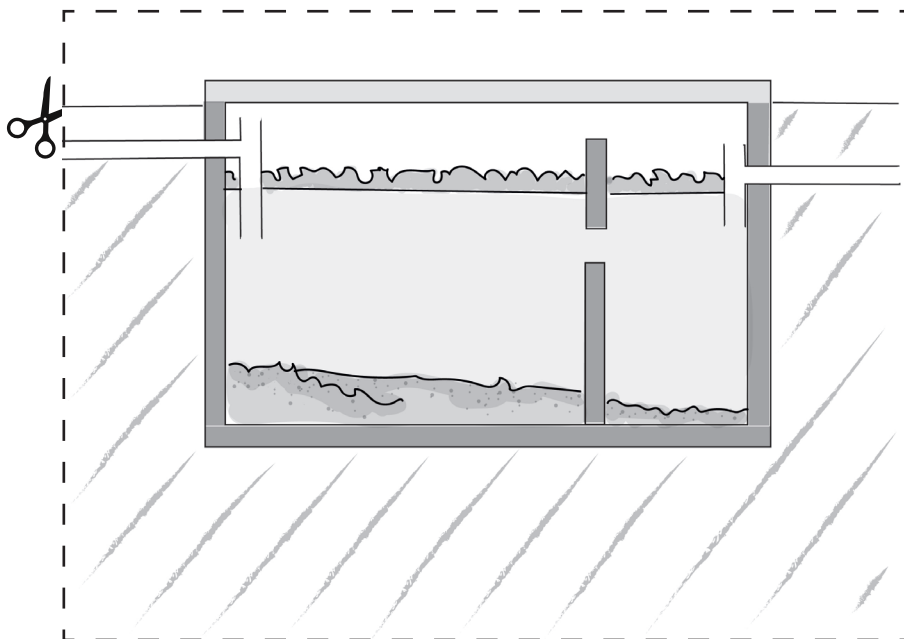
Separación de sólidos y grasas

Caja de grasa

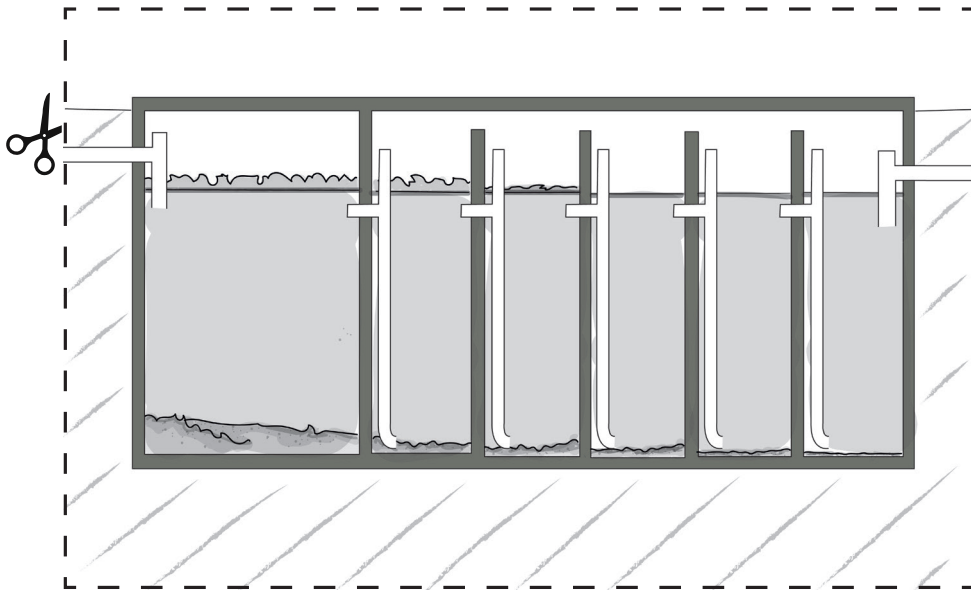


Digestión de materia orgánica

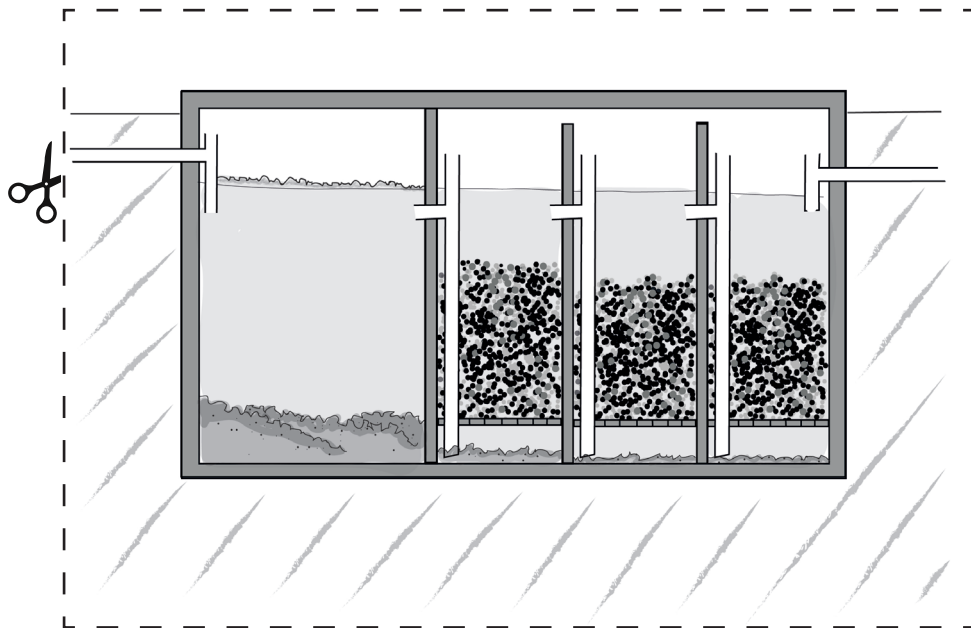
Tanque séptico



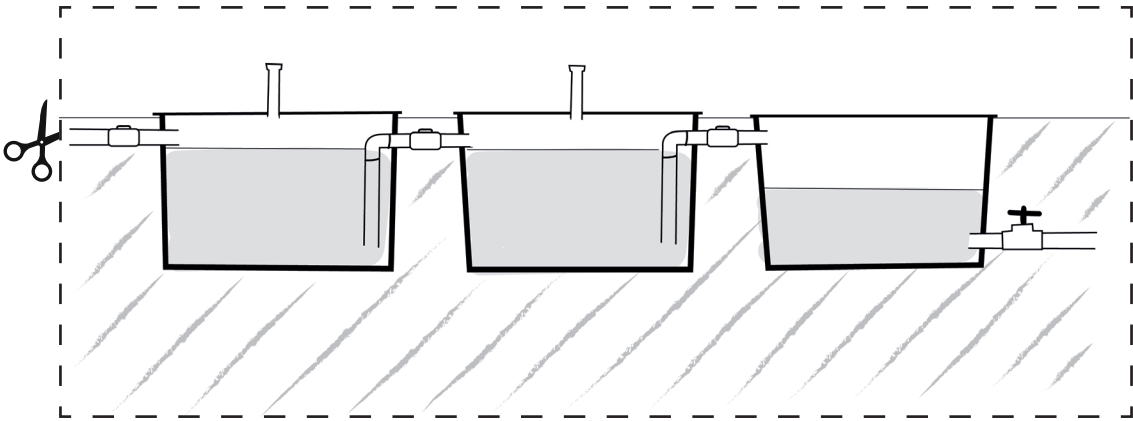
Tanque séptico compartimentado



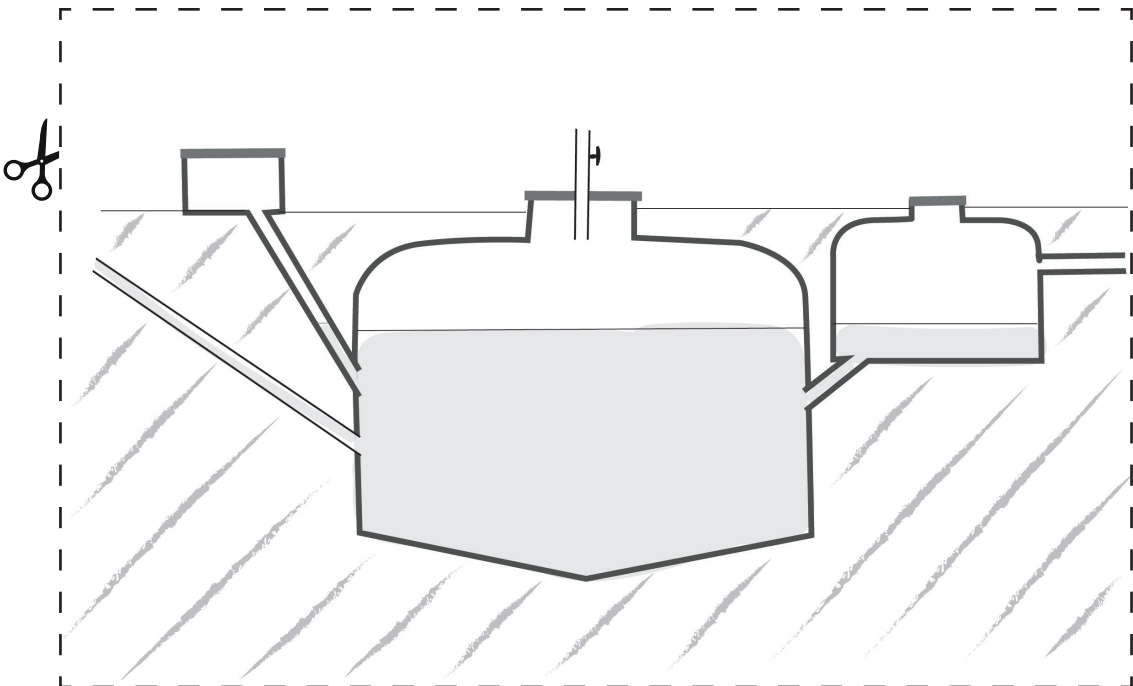
Filtro anaerobio



Fosa biodigestora

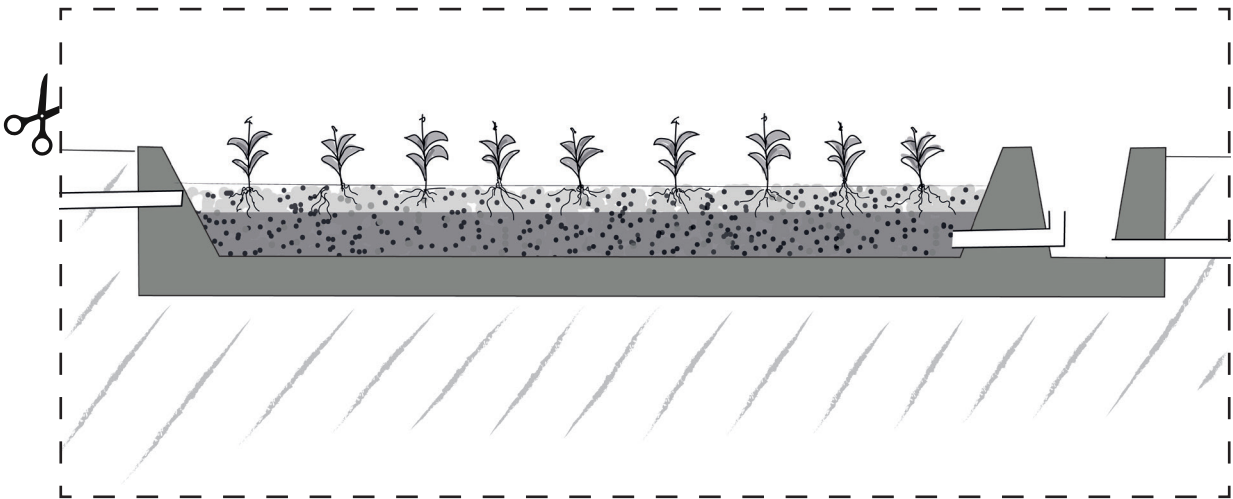


Biodigestor



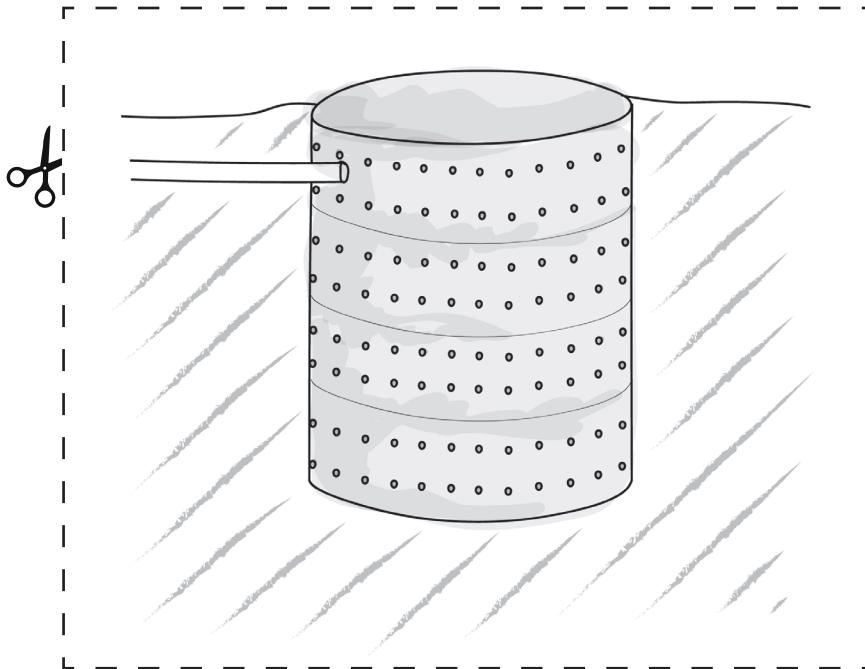
Uso de nutriente e reducción de patógenos

Wetlands construidos

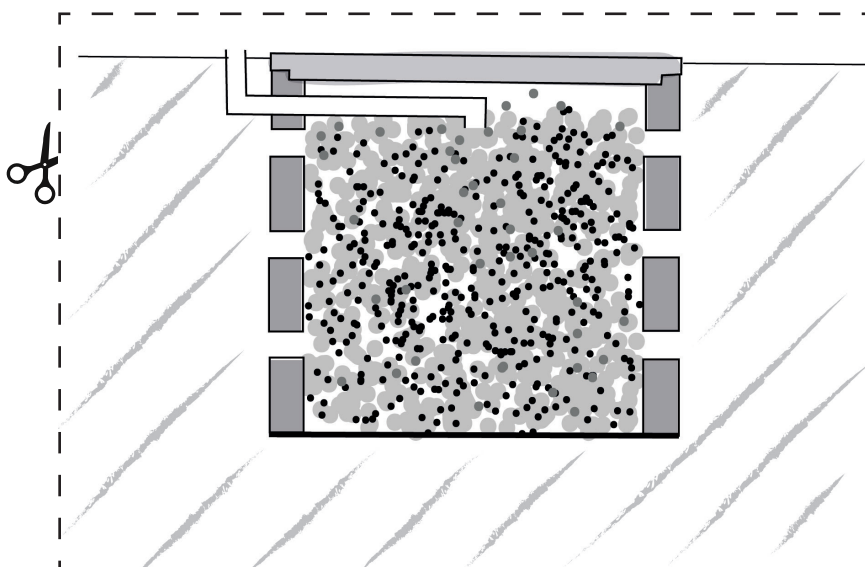


Reutilización o destinación final

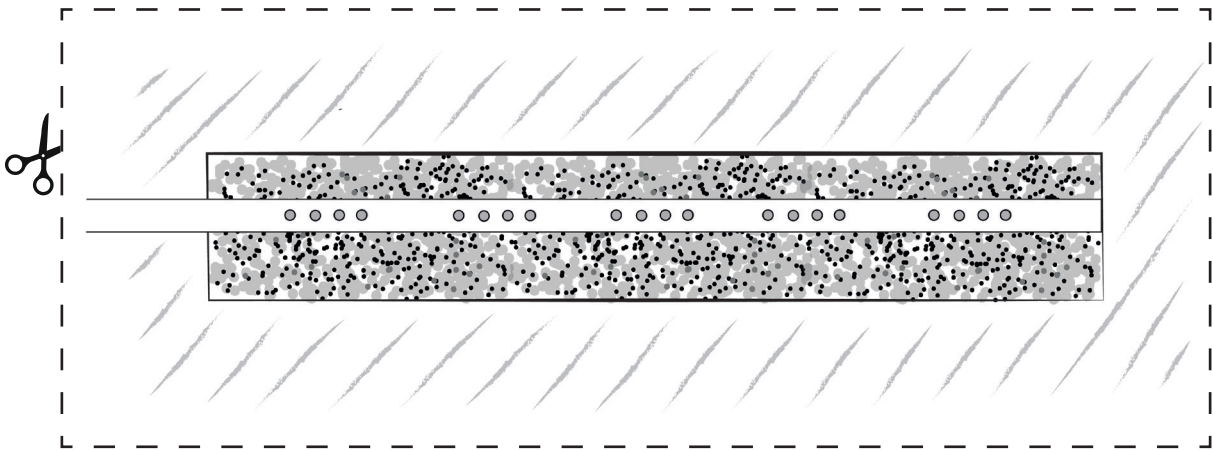
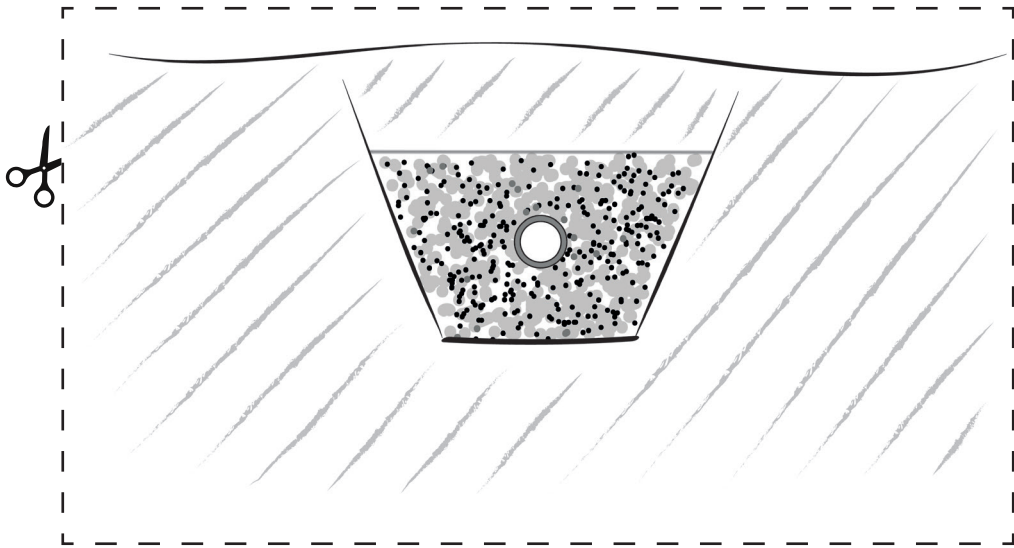
Sumidero



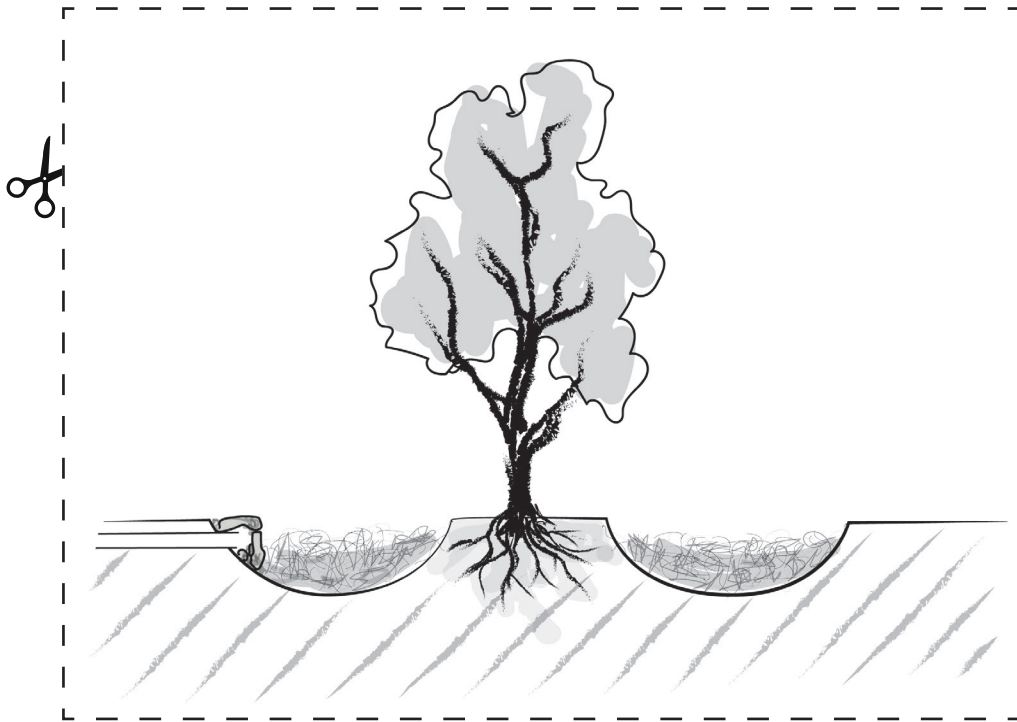
Pozo de infiltración



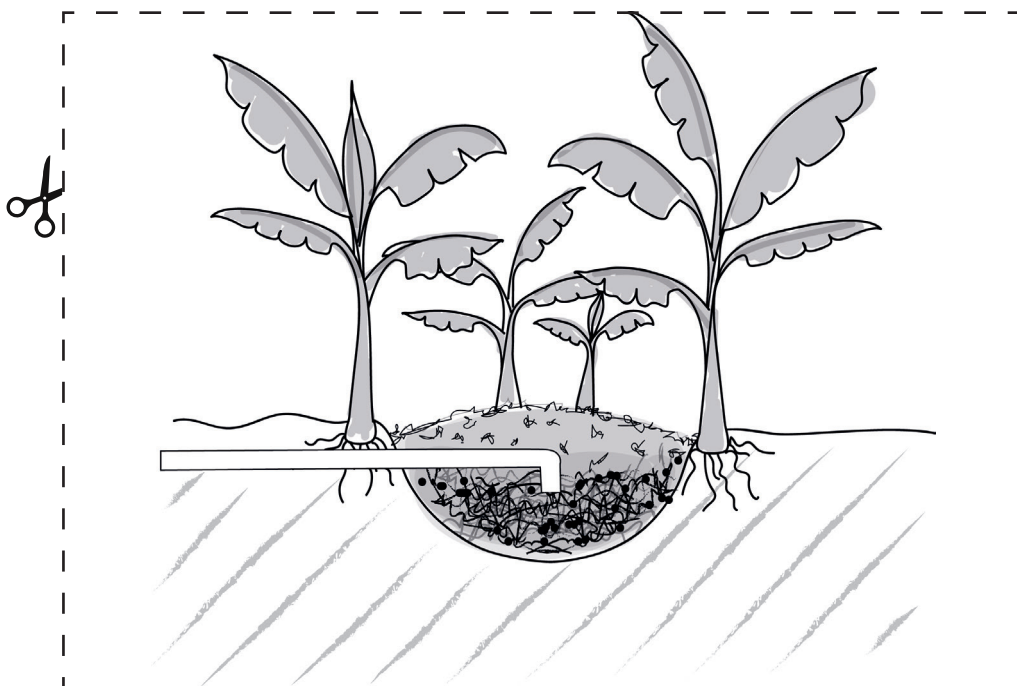
Zanja de infiltración



Filtro de Mulche



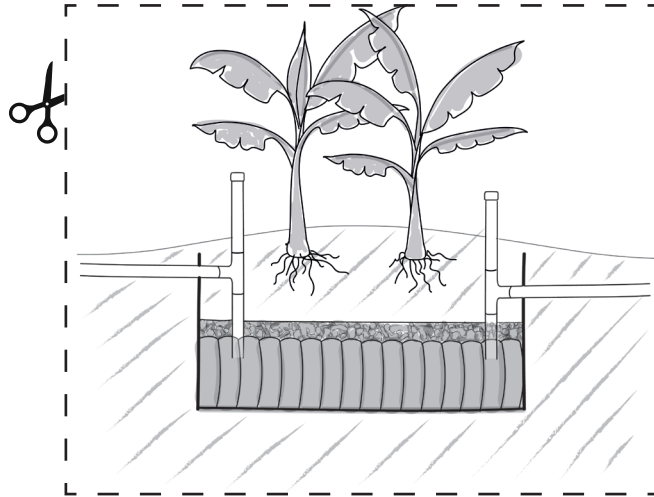
Círculo de plataneros



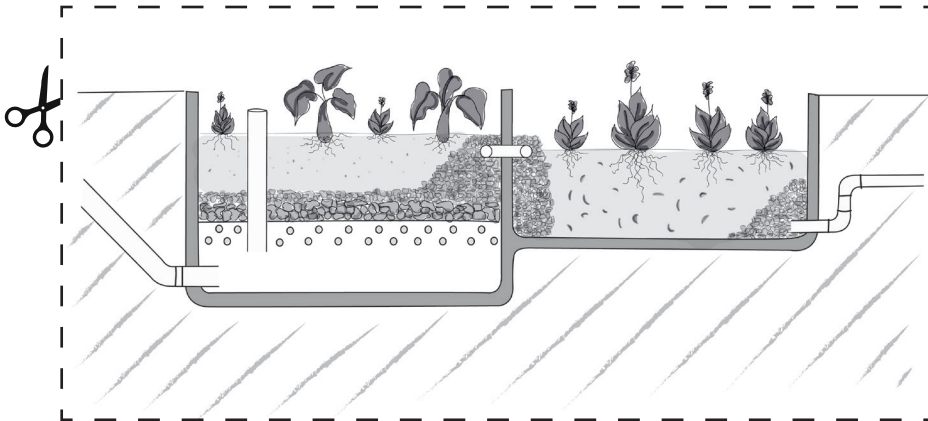
O, use los:

Sistemas completos

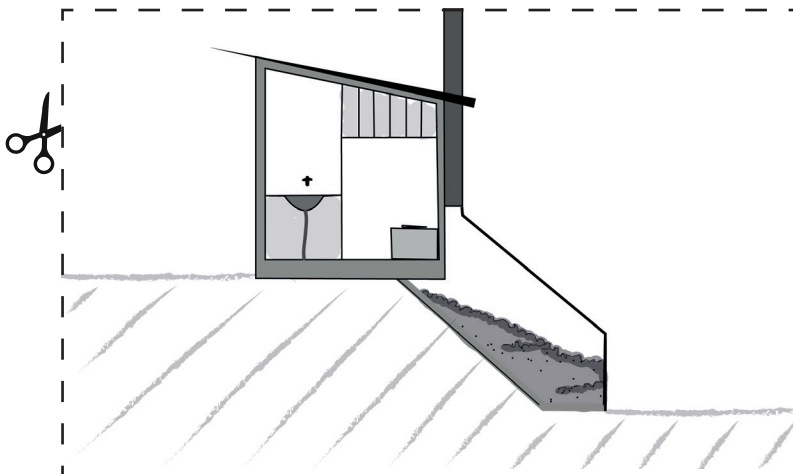
Tanque de Evapotranspiración (TEvap)



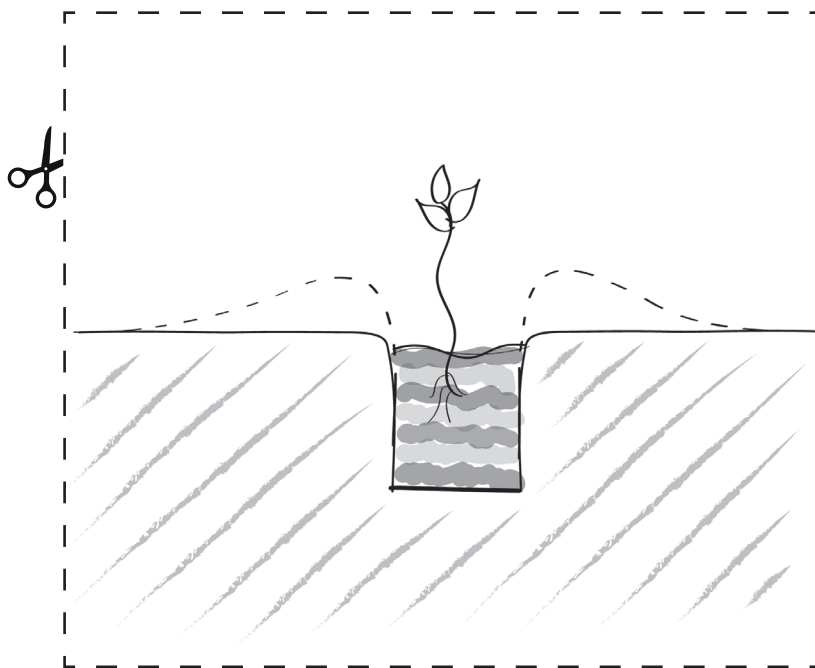
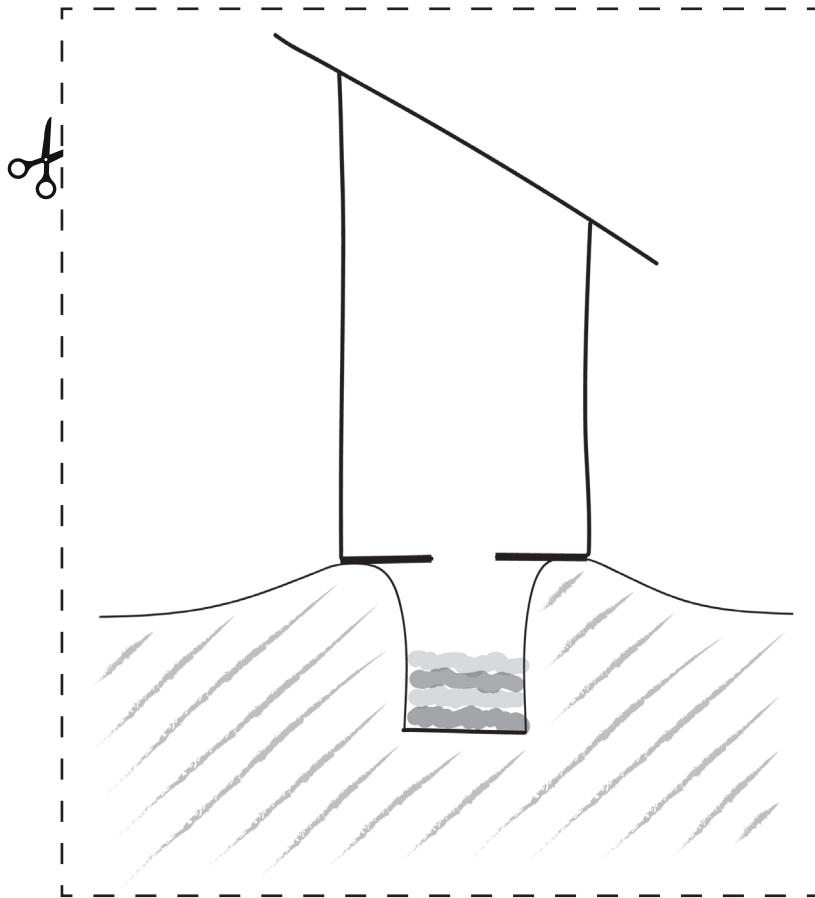
Evapotranspiración y tratamiento de agua gris claro – EvaTAC



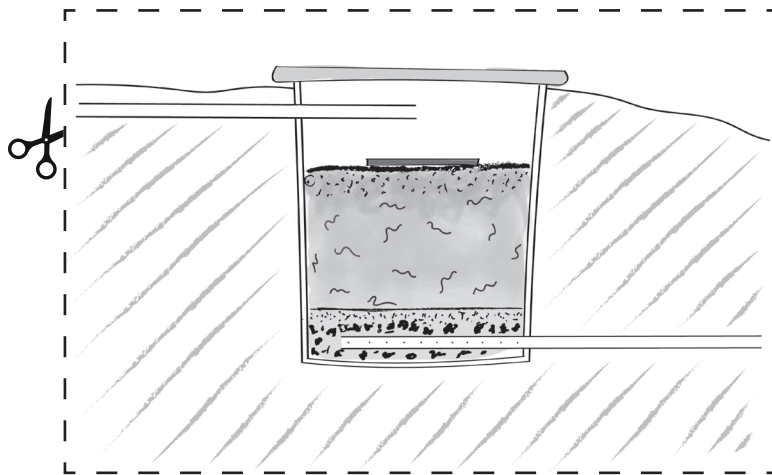
Inodoro seco compostable.



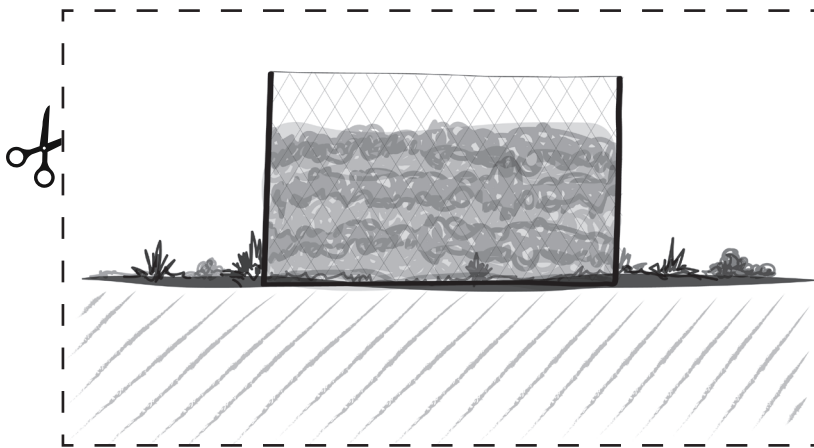
Arborloo



Vermifiltro

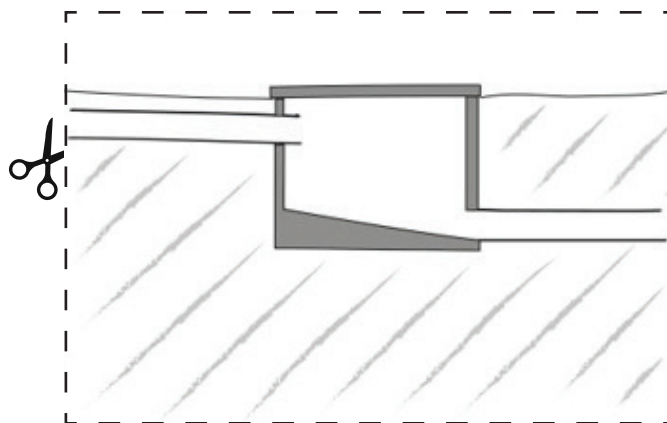


Compostaje



Adicional

Caja de paso



Este livro foi editorado com as fontes Noto Serif e Roboto
Publicado on-line em: <https://repositorio.ufms.br/>



ISBN 978-65-86943-81-8



9 786586 943818

 editora
UFMS