



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JULIO DE MESQUITA FILHO”
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS
EXATAS



Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Engenharia Ambiental

**AVALIAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE BAIXO CUSTO PARA TRATAMENTO DE
ESGOTOS EM ZONA RURAL**

Aluna: Vitória Preto Manzano

Orientador: Guilherme Franceschini

Rio Claro (SP)
2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

VITÓRIA PRETO MANZARO

AVALIAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE BAIXO CUSTO
PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS EM ZONA RURAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Rio Claro - SP
2018

M296a	<p>Manzaro, Vitória Preto</p> <p>Avaliação das tecnologias de baixo custo para tratamento de esgotos em zona rural / Vitória Preto Manzaro. -- Rio Claro, 2018</p> <p>79 f. : tabs., fotos, mapas</p> <p>Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro</p> <p>Orientador: Guilherme Franceschini</p> <p>1. Saneamento rural. 2. sistemas de tratamento de esgoto de baixo custo. 3. tecnologias alternativas. 4. tecnologias sociais. I. Título.</p>
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas,
Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

AGRADECIMENTOS

A VIDA CAMINHA A NOSSO FAVOR SEMPRE...

...precisamos nos lembrar disso...

Se alguma coisa não vai bem ...é por que as vezes estamos olhando pelo lado avesso...

Quando eu pensava em me formar ou entregar o TCC, quase sempre pensava sobre esse momento e ele se parece quase com um filme... os agradecimentos! Finalmente este momento chegou na minha vida!

Eu agradeço hoje por muitas coisas, agradeço a vida por estar viva, por ter tido força de chegar até aqui, ido além de minhas dificuldades, por toda a ajuda que sempre tive e apoio, da família e dos amigos, que não só me deram a mão nas horas que eu precisei, mas que me carregaram no colo tantas vezes!

Eu agradeço por tantas inspirações, pela minha inspiração querida, que me deu meu primeiro banho de vida, que estava comigo na formatura do pré, que cuidou de mim desde bebezinha, eu quero homenagear você Vóbi! Minha Bisavó querida e tão sabida, que me deu tantos presentes, coisas de valor que se integraram no meu ser e sei que nunca mais eu vou perder, coisas de um tamanho que não dá para dizer, mas só mesmo sentir com humildade e clareza, que é o amor...

Agradeço mais que tudo por isso, pelo amor de todos a minha volta, eu espero que eu consiga estar à altura dessa troca para amar a todos vocês também o tanto que me sinto amada. Agradeço a Minha Mãezita e ao meu Pai Painho que me trouxeram tão novinhos pra esse mundo e que com todas as adversidades do caminho estiveram sempre comigo, me apoiando em todas as escolhas, nas loucuras e sanidades, na birra, nos choros mas também nas alegrias, nas dores do crescimento... no amor incondicional que me sustenta o coração... Eu amo vocês e não poderia ter outra Mãe e outro Pai, que me compreendessem a essa altura...

Agradeço as minhas Avós que amo e me inspiram sempre com tanta sabedoria sobre a vida e amor incondicional, de todo o coração ea o meu Avô também, que com o seu jeito único é único! E não poderia ser diferente... se não, não seria ele! À minha Tita e meu Tito que eu amo, e aos seus companheiros que fazem vocês felizes, também aos companheiros

de meu Pai e da minha Mãe que preenchem a vida deles com presença e são tão Companheiros!Agradeço a Clau querida por fazer parte da nossa vida.

Agradeço aos meus Primos, os que eu estou vendo crescer e aos que me viram crescer, a minha Irmã que vive no meu coração... ao meu professor querido Antônio, que me ajudou a acreditar em mim, a descobrir minha forma de estudar... agradeço a todos os meus professores dessa vida, que sempre foram uma inspiração para mim e eu nunca vou me esquecer! Toninho que foi um professor querido do coração na escola.... Agradeço a todos os meus amigos que compartilharam comigo tantos momentos, por todos que cruzaram comigo nesta vida, os amigos da escola que foi uma época que vivi um presente junto com vocês, as amigas e amigos da faculdade, de Sorocaba que eu amo e pude descobrir tantas coisas junto com vocês...rs aos amigos de Rio Claro, que foi o destino que nos uniu por que eu não imaginaria ter passado por essa vida sem esses encontros.

Aos amigos da caminhada, das danças, que me conhecem de outros ângulos... me ajudaram a ver a vida e as pessoas de outra forma, a me ver de outra forma.... Agradeço a minha psi favorita, Luciana linha dura e pé no chão! Rs que me ajudou tanto a descobrir as concretudes da vida, para eu poder de fato caminhar... Agradeço a Natureza, mãe acolhedora... Agradeço por todos a minha volta, ao meu orientador Guilherme por acreditar em mim mesmo vivendo momentos difíceis também, por me incentivar e me ajudar a concretizar esse momento tão importante da minha vida, esse foi um dos únicos trabalhos que eu realmente gostei de fazer na faculdade e que me fez sentido, que senti liberdade de poder expressar pensamentos e sentimentos pautados em ações reais... Agradeço por esse aprendizado.

Agradeço ao ano que pude trancar a faculdade e ir de encontro ao meu próprio reencontro, para depois, agora, estar me reencontrando de novo...rs e também a Permacultura, ao Ensinar e Aprender, os Compartilhares, às Artes, Música e Movimentos que são minha salvação e estrela guia nesse mundo.

Eu desejo que a cada dia, a cada momento nós possamos fazer mais coisas que nos façam sentido, com o pé no chão para poder concretizar e a mão no coração guiando nosso caminhar, que a gente possa se conectar com nossa intuição, com nós mesmos para compreender qual é nosso lugar nesse mundo e nosso papel...

Que todos os seres sejam felizes e que todos os seres estejam em paz!

Que assim seja!

Que possamos seguir vivendo, aprendendo a aceitar e a descobrir a vida...

RESUMO

Diante da atual realidade brasileira em relação ao saneamento básico e especificamente ao tratamento dos esgotos nas áreas rurais, onde 61,27% dos domicílios não possuem destinação correta de esgoto, o presente trabalho tem como objetivo principal sistematizar o conhecimento referente a diferentes tecnologias de baixo custo para o tratamento do esgoto nas zonas rurais, como Fossa Séptica Biodigestora, Fossa Séptica Econômica, Alagados Construídos (*Wetlands*), Tanque de Evapotranspiração, Vermifiltro (Vermicompostagem) e Banheiro Seco, com a intenção de disseminar estas formas de tratamento e avaliar a viabilidade de cada uma quanto sua eficiência e custo. Buscou-se também elucidar alguns dos impactos sociais e ambientais que são reflexo da falta de saneamento básico. Para atingir o objetivo proposto foi realizado um levantamento bibliográfico referente as tecnologias citadas acima e seus respectivos custos de implementação, desta forma foi possível sistematizar as vantagens e desvantagens mais relevantes encontradas na literatura consultada em relação a cada tecnologia e comparar as eficiências encontradas. Ao final da revisão, foi possível perceber que em relação à eficiência, o custo, a facilidade para implementação, espaço e manejo, o Vermifiltro é a tecnologia mais viável para ser aplicada em regiões que não tem acesso ao serviço de coleta de esgoto, impedindo a contaminação do solo, das águas e o risco por infecção de doenças, gerando assim impactos sociais e ambientais. Algumas das soluções analisadas foram aplicadas em grande escala em outros países e regiões comprovando a viabilidade de suas implantações.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento rural, sistemas de tratamento de esgoto baixo custo, tecnologias alternativas, tecnologias sociais.

ABSTRACT

In view of the current Brazilian reality in relation to basic sanitation and specifically to the treatment of sewage in rural areas, where 61.27% of the households do not have a correct sewage disposal, the main objective of this work is to systematize the knowledge regarding different low cost for the treatment of sewage in rural areas, such as Biodigestore Septic Tank, Economic Septic Tank, Wetlands, Evapotranspiration Tank, Vermifiltro (Vermicomposting) and Dry Bathroom, with the intention of disseminating these forms of treatment and evaluating the viability of each as to its efficiency and cost. It was also sought to elucidate some of the social and environmental impacts that are a reflection of the lack of basic sanitation. In order to achieve the proposed objective, a literature review was carried out regarding the technologies mentioned above and their respective implementation costs, in this way it was possible to systematize the most relevant advantages and disadvantages found in the literature consulted in relation to each technology and to compare the efficiencies found. At the end of the review, it was possible to realize that in relation to efficiency, cost, ease of implementation, space and management, Vermifiltro is the most viable technology to be applied in regions that do not have access to the sewage service, the contamination of soil, water and the risk of disease infection, thus generating social and environmental impacts. Some of the solutions analyzed were applied in a large scale in other countries and regions proving the viability of their deployments.

KEY WORDS: Rural sanitation, low cost sewage systems, alternative technologies, social technologies.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo Geral	3
2.2 Objetivos Específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Saneamento Básico e Meio Ambiente.....	3
3.1.1 Esgoto Sanitário.....	5
3.2 Direito ao Saneamento, Desigualdade Econômica e Desigualdade de Gênero.....	8
3.3 Saúde Pública e Tratamento de Esgoto	11
3.4 Caracterização do Saneamento Rural no Brasil	14
3.4.1 Políticas Públicas voltadas ao Saneamento Rural	20
3.5 Alternativas de Saneamento para Área Rural.....	22
3.5.1 Fossa Séptica Biodigestora.....	24
3.5.2 Fossa Séptica Econômica, Círculo de Bananeiras e Vala de Infiltração;.....	25
3.5.3 Alagados Construídos Fluxo Subsuperficial Vertical (<i>Wetlands</i>).....	29
3.5.4 Tanque de Evapotranspiração.....	34
3.5.5 Vermifiltro (Vermicompostagem).....	37
3.5.6 Banheiro Seco.....	43
4 MATERIAL E MÉTODOS	49
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
5.1 Análise comparativa em diferentes aspectos.....	54
5.1.1 Fossa Séptica Biodigestora.....	54
5.1.2 Fossas Séptica Econômica.....	56
5.1.3 Alagados Construídos (<i>Wetlands</i>)	58
5.1.4 Tanque de Evapotranspiração.....	59
5.1.5 Vermifiltro (Vermicompostagem).....	61
5.1.6 Banheiro Seco.....	63
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
REFERÊNCIAS	67
ANEXO.....	73

1 INTRODUÇÃO

A falta de acesso ao saneamento básico ainda hoje faz parte da realidade de seis em cada 10 pessoas no mundo, ou seja 4,5 bilhões carecem de saneamento seguro, de acordo com o mais recente relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2017) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF,2017).

Atualmente no Brasil, cerca de 50% da população não tem acesso ao tratamento de esgoto. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA) cerca de 81% dos municípios ainda lançam algum tipo de esgoto sem tratamento nos rios (ANA, 2017).

O descaso com o tratamento dos esgotos ainda é um dos principais problemas socioambientais da população brasileira, em especial quando se trata dos moradores da zona rural. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD,2014),cerca de 70% da população não possui conexão com rede de água tratada. Isso está diretamente relacionado ao fato de que grande parte da população da área rural coleta e consome água sem nenhuma forma de tratamento, apontando a importância assim do tratamento de esgoto.

No Brasil, o déficit em relação ao setor de saneamento básico é alto, especialmente em relação ao esgotamento sanitário, sendo os meios rurais e as áreas periféricas dos centros urbanos as mais afetadas com a carência deste serviço, com destaque para a Região Nordeste (GALVÃO JÚNIOR; PAGANINI, 2009).

Ao analisar a questão do tratamento do esgoto, segundo o PNAD, a mesma pesquisa aponta que em áreas rurais, apenas cerca de 5% dos domicílios estão conectados à rede coletora de esgotos, 28,3% utilizam fossas sépticas, 45,3% possuem fossas rudimentares e 13,6% dos domicílios não possuem solução para o esgoto sanitário. Portanto, cerca de 58% da população rural apresenta uma destinação de seu esgoto insatisfatória do ponto de vista sanitário e ambiental.

Segundo estudo do Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES), é estimado que 65% das internações em hospitais de crianças com menos de 10 anos sejam provocadas por males oriundos da deficiência ou inexistência de esgoto e água limpa. Isso também influencia no desempenho escolar, pois crianças que vivem em áreas sem saneamento básico apresentam 18% a menos no rendimento na escola. Dados do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF, 2005), comprovam que há tempos é sabido que

exposição de crianças aos contaminantes oriundos da falta de saneamento se relacionam a este menor rendimento.

Os resultados da destinação de esgoto insatisfatória estão diretamente relacionados à qualidade de vida, saúde e educação, visto que a maior parte das doenças em países subdesenvolvidos são transmitidas através do contato com águas contaminadas. De maneira direta, a falta de tratamento adequado ao esgoto afeta fortemente índices sociais característicos da zona rural como altas taxas de mortalidade infantil, baixo índice de escolaridade, afetando não só as crianças, mas também os adultos em sua rotina de trabalho e produtividade, pois acabam passando muitos dias doentes.

Estudos recentemente realizados em Bangladesh-Índia pelo Centre for Diarrhoeal Disease Research, em parceria com a Universidade Harvard e apoio da Fundação Bill & Melinda Gates, mapearam os impactos das adversidades socioeconômicas como má-nutrição e falta de saneamento básico no cérebro de crianças expostas a estas condições. O intuito da pesquisa era encontrar informações sobre quais adversidades possuem maior impacto nas atividades cerebrais das crianças e um dos resultados encontrados até o momento é que as maiores variações ocorrem quando causadas por doenças inflamatórias como as relacionadas aos patógenos presentes no intestino (JUNTOS PELA ÁGUA, 2017).

Sendo assim é possível relacionar o acesso generalizado ao saneamento como a base para a resolução de diversos problemas sociais. A escola possui funções sociais muito importantes, com grande potencial de transformação de realidades pessoais e comunitárias pela riqueza dos aprendizados intelectuais e emocionais propiciados por este espaço, quando este é comprometido com o desenvolvimento integral de cada ser (SCHRAM; CARVALHO, 2013).

A partir da realidade apresentada no Brasil, buscou-se na literatura tecnologias de saneamento básico rural de baixo custo, que atendessem as demandas necessárias de famílias da zona rural. A intenção de criar um informativo comparando as diferentes soluções para tratamento de esgoto de formas alternativas convencionais são fundamentais, para que este não mais seja visto somente como um problema. Assim este trabalho buscou sistematizar o conhecimento a respeito das tecnologias para tratamento de esgotos em áreas mais afastadas, tendo em vista o déficit observado na cobertura de saneamento dessas áreas.

A pesquisa está inicialmente fundamentada na realidade brasileira e de outros países em desenvolvimento em relação à deficiência do esgotamento sanitário, aplicado mais especificamente a zona rural, aonde as consequências da falta de saneamento básico são agravadas, e seu impacto direto relacionado às questões de saúde pública e desenvolvimento socioeconômico. Entre as possíveis soluções para suprir a inexistência de programas e serviços adequados de saneamento básico, está a implementação de tecnologias de tratamento de esgoto de baixo custo, que buscam preencher as lacunas deixadas pelo poder público devido ao custo de implementação e inviabilidade geográfica em pequenos municípios e áreas rurais (COSTA,2013).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo principal analisar e comparar diferentes tecnologias de baixo custo para o tratamento do esgoto na zona rural, tendo em vista o seu custo e sua eficiência de tratamento.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma lista de tecnologias com suas vantagens e desvantagens;
- Sistematizar os conhecimentos em relação as formas alternativas de tratamento de esgoto.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento Básico e Meio Ambiente

O saneamento é um conjunto de medidas que buscam preservar as condições ambientais com o intuito de promover saúde e bem-estar para a população, prevenir doenças, melhorar a qualidade de vida, a produtividade individual e facilitar a atividade econômica, como no caso da Vigilância Sanitária. No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº 11.445/2007 como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água,

esgotamento sanitário, limpeza e drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais.

Embora o conceito de saneamento básico seja visto como o acesso aos serviços de água potável, coleta e tratamento dos esgotos, gerenciamento de resíduos sólidos e drenagem urbana, ele está diretamente relacionado a outras medidas de extrema importância como por exemplo para o desenvolvimento integral do ser humano e garantia da qualidade de vida.

O tratamento do esgoto sanitário se relaciona diretamente com a preservação ambiental, visto que causa uma redução nos impactos gerados pelo descarte sem nenhuma forma de tratamento. O esgoto quando despejado de forma irregular ou inadequada, inviabiliza a vida aquática, prejudicando espécies de animais e plantas conectados a este ecossistema, causando assim a deterioração e eutrofização dos corpos d'água. As discussões sobre sustentabilidade já eram presentes nos anos 70, quando cientistas se atentaram as questões ambientais advindas do processo histórico que buscava apenas crescimento econômico. No Brasil, o tema sustentabilidade e desenvolvimento sustentável ganharam mais força a partir da ECO 92/RIO + 20 com a criação da Agenda 21(MIKHAILOVA, 2004).

De acordo com Silva (2000), a discussão acerca da sustentabilidade se relaciona diretamente com as seguintes dimensões: (a) dimensão ambiental, que está relacionada com a manutenção da integridade ecológica, com bom uso dos recursos naturais, prevenindo as diferentes formas de poluição; (b) a dimensão social e política, que enfatizam a participação da sociedade nos processos de tomada de decisão, proporcionando maior equidade na distribuição de riquezas e combatendo-se práticas de exclusão de discriminação; (c) a dimensão econômica, que propõe a distribuição de renda e riquezas e; (d) a dimensão cultural com a promoção da diversidade e identidade cultural, propiciando também a conservação do patrimônio urbanístico, paisagístico e ambiental.

O conceito sustentabilidade é permeado por diferentes interpretações, por ser um tema de alta complexidade. No início, esta questão se relacionava somente com a questão ambiental, porém hoje se percebe que está atrelada a todos os setores (econômico, social e político), estando em processo constante de transformação e construção

As tecnologias de saneamento mais sustentáveis, são aquelas que possuem um ciclo fechado, que seja seguro do ponto de vista de saúde e capaz de fazer com que os rejeitos passem a não mais ser um problema e sim com potencialidade para ser uma solução. Com isso, aumentando a fertilidade do solo ou gerando energia, buscando reduzir ao máximo os impactos ambientais, a poluição, consumo de energia e água, respeitando também de forma digna os trabalhadores e não expondo os manuseadores e a comunidade a nenhum tipo de risco(IPEMA, 2017).

A poluição hídrica advém principalmente dos efluentes líquidos como esgoto doméstico, industrial e agrícola (IPEMA, 2017). Sendo assim, o uso da água limpa como veículo de transporte para os excretas humanos gera uma quantidade imensa de esgoto para ser tratado e desperdício da própria água.

3.1.1Esgoto Sanitário

Segundo a NBR 9648 (ABNT, 1986), esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico, proveniente do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; industrial, proveniente dos processos industriais, que deve respeitar os padrões de lançamento estabelecidos; água de infiltração que é a proveniente do subsolo, indesejável ao sistema separador que penetra nas canalizações e a de contribuições pluvial parasitária, parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário.

A Estação de Tratamento de Esgoto segundo a NBR 12209(ABNT, 1992),são os locais aonde as tecnologias para tratamento estão instaladas e são “Conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidade, cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento.”.

Calcula-se que a taxa de retorno das águas distribuídas para a natureza é de aproximadamente 80% de sua vazão. O esgoto sanitário é composto principalmente por água, 99,9% e apenas 0,1% compostos orgânicos e microrganismos (FUNASA, 2010). Sua composição pode ser analisada segundo seus parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Quando despejado sem nenhuma forma de tratamento, o esgoto pode causar eutrofização muito além da capacidade de autodepuração do corpo hídrico, com alto índice

de crescimento de algas, o que confere odor, sabor e biotoxinas a água, trazendo severos impactos aos ecossistemas ali conectados, além de inúmeras patologias.

O tratamento de esgoto pode ser classificado de acordo com o nível de eficiência, podendo ser preliminar, primário, secundário e terciário. O tratamento preliminar é caracterizado por um procedimento mecânico, no qual uma barreira física faz a separação dos sólidos grosseiros e areias presentes no fluido. O tratamento primário se trata de um processo físico no qual o esgoto é retido em um ambiente controlado para haja a sedimentação dos sólidos suspensos. O tratamento secundário, por meio de um processo biológico com micro-organismos aeróbios, realiza a degradação biológica do fluido. O tratamento terciário se dá por meio de um processo químico, buscando a desinfecção dos organismos patógenos (NUVOLARI, 2011).

Segundo os dados apresentados por meio do Instituto Trata Brasil do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2016), Estudo Trata Brasil “Ociosidade das Redes de Esgoto – 2015” e UNICEF – Pobreza na Infância 2018, no Brasil atualmente cerca de 51,92% da população têm acesso à coleta de esgoto, porém mais de 100 milhões de brasileiros não possuem acesso a este serviço. Nas 100 maiores cidades do país, mesmo havendo redes coletoras disponíveis, mais de 3,5 milhões de brasileiros realizam o despejo irregular do esgoto e aproximadamente 13 milhões de crianças e adolescentes são privados do acesso aos serviços de saneamento básico. A realidade aponta que 3,1% das crianças e adolescentes não possuem sanitário em casa (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Na região Norte, a porcentagem de esgoto coletado é a mais baixa em relação as outras regiões do país, sendo apenas 10,45% do esgoto coletado. No Nordeste 26,79% é coletado e no Sul o índice é de 42,46%. No Centro-Oeste a quantidade de esgoto coletado é de 51,52% e no Sudeste a quantidade de esgoto coletado chega 78,57% (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Em relação aos serviços de tratamento efetivo do esgoto, apenas 44,92% do esgoto coletado do país é tratado e a média das 100 maiores cidades brasileiras em tratamento dos esgotos é de 50,26%. Apenas 10 delas tratam acima de 80% de seus esgotos coletados (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Na região Norte, o índice de tratamento de esgoto também é o mais baixo, chegando a 18,3% de esgoto tratado. Na região Nordeste o índice de tratamento sobe para 36,22%. A região Sudeste trata 48,8% de seu esgoto, já no Sul a porcentagem tratada representa 43,87% dos esgotos e no Centro-Oeste o índice é de 52,62%(INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Ou seja, 51,92% da população tem acesso à coleta de esgoto. Do esgoto coletado, apenas 44,92% é de fato tratado, todo o resto é direcionado aos rios, aquíferos e mares na forma de esgoto, poluindo os mesmos. Estes dados apontam o quão grande é o déficit brasileiro em relação ao tratamento de esgoto.

É importante ressaltar que existe uma diversidade de compostos sintéticos e orgânicos utilizados pela sociedade, tanto em cosméticos, conservantes alimentícios, e medicamentos. Estes compostos, denominados micro-poluentes, possuem efeitos potencialmente tóxicos, bioacumuladores e que causam exposição dos seres vivos aos perturbadores endócrinos e fármacos que não estão inclusos na gama de compostos monitorados de acordo com as legislações e assim não são retirados dos tratamentos de água convencionais. Desta forma, as águas ainda que passem pelas estações de tratamento de esgoto, continuam por carregar muitos poluentes (DA SILVA PINHO, 2017).

Por este motivo, é possível constatar que realmente medidas como utilizar apenas produtos biodegradáveis, tanto para higiene pessoal quanto para limpeza e outros fins, faria diferença se aplicada em grande escala por meio de regulamentações e normas, sendo um imenso ganho ambiental e de saúde pública. Estas medidas, se difundidas e aplicadas em zona rural, por possuírem tratamento local, representariam ainda maiores impactos, aumentando a eficiência dos tratamentos alternativos.

As tecnologias sociais sustentáveis para tratamento do esgoto não são muito difundidas, portanto há um grande desconhecimento a respeito do tema. Nas áreas rurais, existe ainda uma maior desinformação e a escolha é normalmente pelas fossas negras, que se dão por uma construção simples e baixo custo de manutenção, porém poluem o solo e o lençol freático, atraindo insetos, mau odor, e com potencialidade para proliferação de doenças(PINHEIRO, 2009).

A Lei do Saneamento Básico completou 10 anos em 2017 e pode-se dizer que em partes houve uma melhora no saneamento, porém está ainda muito aquém de garantir o

acesso à água tratada para todos. Ocorreu um pequeno aumento na quantidade de casas com abastecimento de água, passando de 80,9% para 83,3%, já em relação a coleta de esgoto passou de 42% para 50,3%(SNIS, 2015).

O Brasil possui diversas tecnologias desenvolvidas para tratamento de esgoto, tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas. No entanto, são pouco divulgadas menos ainda se investe neste setor, ainda que quase 50% da população não tenha acesso à um tratamento de esgoto adequado, por questões políticas e econômicas (CAMPOS; DIAS, 1989).

3.2 Direito ao Saneamento, Desigualdade Econômica e Desigualdade de Gênero

A Constituição Federal Brasileira possui diversos artigos relacionados ao saneamento ambiental garantido como um direito social, visto que sua falta causa diversos danos ambientais, que violam o direito à água potável e a garantia da preservação ambiental para as gerações futuras (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

É garantido também, pela Constituição, o dever do Estado e direito do Cidadão à redução do risco de doenças e de outros agravos, acesso universal e igualitário às ações para promoção da saúde, proteção e recuperação desta.

Segundo o Instituto Trata Brasil, assegurando o acesso ao saneamento básico de forma adequada, o risco de contaminação por doenças diminui significativamente (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

Em 2007, foi criada a Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007) que estabelece as diretrizes nacionais para Saneamento Básico. Está previsto na Legislação Federal a universalização dos serviços de abastecimento de água e tratamento do esgoto, bem como as competências de cada setor, sendo também responsabilidade do poder público instruir as diretrizes para o desenvolvimento urbano adequado, incluindo habitação, saneamento básico e transporte urbano de qualidade.

Passa a ser responsabilidade do Governo Federal o estabelecimento de diretrizes gerais e apoio aos programas nacionais voltados à universalização dos serviços de saneamento básico, os Estados passam a se responsabilizar por operar e manter os sistemas de saneamento e estabelecer os critérios para repasses financeiros às Prefeituras, que são responsáveis diretamente pelos serviços de saneamento, podendo ser terceirizados (por outras empresas) ou não. É incumbência também das Prefeituras a elaboração dos Planos

Municipais de Saneamento Básico (PMSB), que contém as diretrizes para a cobrança do serviço e é imprescindível para que haja o repasse da verba estadual (BRASIL, 2007).

O que muitas vezes ocorre, é que uma parte dos municípios não chegam a elaborar o Plano, não recebendo assim a verba adequada, (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017). Mesmo sendo um direito assegurado pela Constituição, o acesso aos direitos básicos como acesso à moradia, alimentação adequada e saneamento não fazem parte da realidade de muitos brasileiros, características que ainda hoje podem ser presenciadas até mesmo nas grandes cidades como São Paulo (SP).

É possível perceber que no Brasil as pessoas que mais sofrem com a falta de saneamento são as que possuem menor renda, além de sofrer com os fatores físicos que esta falta de estrutura traz, estão diretamente relacionados à transmissão de doenças que afetam o rendimento escolar e as jornadas de trabalho, gerando assim um ciclo vicioso e perpetuador da miséria.

O Brasil é hoje caracterizado como um dos países mais desiguais do mundo, segundo estudo realizado pela ONU e publicado em janeiro de 2018. No estudo foram analisados 29 países e o Brasil se encontra entre os cinco mais desiguais. O estudo foi realizado em parceria com o Instituto de Pesquisa Econômica (Ipea) chegando a conclusão de que o 1% mais rico do Brasil concentra entre 22% e 23% do total da renda do país. (ONU,2018)

De acordo com Osorio et al. (2011), a renda familiar está vinculada com o acesso às tecnologias de saneamento, que entra como um dos principais fatores de proteção e cuidado que devem ser superados para atender às mínimas condições adequadas para o desenvolvimento seguro da primeira infância.

Em 2016, os indicadores apontavam que 17% da população (35 milhões de brasileiros) não tinham acesso a água potável, 48% da população (mais de 100 milhões de pessoas) não tinham acesso a coleta de esgoto e somente cerca de 45% do esgoto coletado no Brasil é tratado (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017). Em relação ao tratamento de esgoto as regiões mais afetadas são as periféricas das grandes cidades, com altas taxas de internações por diarreias.

Segundo a pesquisa intitulada “Saneamento Básico em Áreas Irregulares do Estado de São Paulo- 2015”, apenas 8,2% dos assentamentos cadastrados possuíam acesso a rede de esgoto (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015). Em outro estudo aliado a um

levantamento em 3 comunidades de São Paulo, 85,13% dos moradores afirmaram despejar seu esgoto à céu aberto e 88,18% afirmaram a presença de poluição no córrego e rio.

Nestes locais sem acesso ao saneamento básico são freqüentes as alternativas como a reserva de água da chuva em baldes, poços, despejo de esgoto de forma irregular e a céu aberto, além do acúmulo de lixo sem destino. Esses fatores aumentam ainda mais a susceptibilidade da população aos problemas de saúde e a vulnerabilidade social, assim como a contaminação do meio ambiente (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

Os locais com ligações clandestinas à rede de abastecimento de água e esgoto passam por problemas muito semelhantes. São comuns as ocorrências de contaminação da água nos locais aonde são feitas as ligações clandestinas, desperdícios e riscos de escassez hídrica por conta da alta demanda e por conta de vazamentos, por não serem utilizadas tecnologias e materiais adequados nas conexões de encanamento. Ocorre também em algumas regiões uma queda na pressão da água, por desvios irregulares, ocasionando a falta de água em bairros mais altos ou mais distante (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2015).

Outros problemas advindos da falta de saneamento são apontados por diversos estudos, como o fato que as mulheres são as mais afetadas com a falta de saneamento básico e que estes serviços não estão disponíveis da mesma forma para homens, mulheres e outras identidades de gênero, pois são elas as responsáveis por coletar água e manter a higiene do lar (SILVA, 2017).

A situação mais comum é nos momentos em que não há água nas residências, são as mulheres e meninas as encarregadas de buscá-la em algum lugar. Esta atividade demanda muito tempo e implica em reforçar a dependência econômica de seus maridos. As mulheres passam a não possuir tempo para estudar ou procurar emprego e não são remuneradas por este tipo de serviço. O que acontece também é que muitas mulheres acabam por sofrer situações de violência durante este trabalho e principalmente quando vivem em locais que não há banheiros, o que as deixa expostas a situações de vulnerabilidade (SILVA, 2017).

A falta de saneamento básico prejudica a vida de muitas mulheres e meninas, que muitas vezes além do medo da violência, acabam por optar não sair de casa por não ter privacidade para higiene íntima, especialmente no período menstrual. O problema também afeta a saúde de muitas por segurem a urina por longos períodos e deixarem de ingerir líquidos, aumentando o risco de infecções (SILVA, 2017).

O Brasil não é exceção, os casos mais comuns são vistos nas zonas rurais e nas periferias, onde o problema da seca é uma constante. Nos centros urbanos, a população em situação de rua também é afetada, por não haver unidades de acolhimento suficientes para todos. Nestes casos também são as mulheres as que acabam sofrendo mais pela falta de privacidade. Em outros países em desenvolvimento esta problemática também está presente (ONU, 2016).

As questões relacionadas a violência de gênero e ao saneamento, afetam também as mulheres trans, que pela inadequação dos espaços públicos acabam por estar expostas a agressões morais e físicas ao usar instalações separadas pelo sexo biológico. Um estudo realizado na Índia revela que os transexuais enfrentam dificuldade em encontrar moradias para alugar, sendo forçados a viver em favelas e áreas com problemas estruturais de esgoto e falta de abastecimento de água (ONU, 2016). É possível relacionar o fato de que a falta de acesso a um saneamento adequado contribui para desigualdades de gênero percebidas na sociedade, pois as mulheres, transexuais, meninas e crianças são as mais impactadas quando as soluções sanitárias são precárias ou ausentes, havendo assim a necessidade da criação de políticas públicas de saneamento sensíveis a estas questões (ONU, 2016).

Em relação à questão de gênero é possível analisar que as políticas e marcos legais de saneamento no Brasil não levam em consideração tais fatos da forma como deveriam, não existe um olhar atento a estas questões. As mulheres que vivem em áreas rurais enfrentam muitas dificuldades que poderiam ser sanadas em partes, com acesso ao saneamento básico. No caso do tratamento de esgotos muitas vezes apenas o fato da existência de um banheiro digno, já propicia maior independência, privacidade e segurança às mulheres.

3.3 Saúde Pública e Tratamento de Esgoto

O acesso à água potável e ao saneamento são internacionalmente reconhecidos como imprescindíveis para saúde pública e desenvolvimento da vida humana (KEMPER; SADOFF, 2003). A ampliação das redes de abastecimento de água potável e melhoras do saneamento aliadas a eficiência no gerenciamento dos recursos hídricos possuem tamanha importância, capaz de contribuir para o crescimento econômico de um país e atuar sobre a redução da pobreza.

As melhorias no saneamento básico podem impactar de forma benéfica a educação primária dos países em desenvolvimento, uma vez que os acessos às boas condições de saneamento promovem maior assiduidade e aprendizagem nas escolas (CARUSO et al., 2014). As crianças são as mais afetadas pelo déficit de saneamento, por apresentarem maior vulnerabilidade ao contágio de doenças associadas à água e ao saneamento como um todo, ficando muitas vezes impossibilitadas de frequentar as aulas na escola, agregando assim além dos efeitos nocivos à saúde, mas também sobre sua educação (DE SOUZA NUNES; FERREIRA; DE SOUSA, 2018).

A saúde está relacionada com diversos aspectos da vida, como relacionamentos, alimentação e qualidade de vida. É sabido que os investimentos realizados em saneamento possuem um alto retorno em relação à saúde pública, a cada R\$1,00 investido em saneamento gera economia de R\$4,00 na saúde (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Em 2013, segundo o Ministério da Saúde (DATASUS), foram notificadas mais de 340 mil internações por infecções gastrointestinais no país (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017). Para cada internação no Sistema Único de Saúde (SUS) existe um custo de aproximadamente R\$355,71. Se 100% da população tivesse acesso à coleta de esgoto haveria uma redução, em termos absolutos, de 74,6 mil internações, logo uma economia de mais de 26 milhões de reais, sendo que 56% dessa redução ocorreria no Nordeste (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

No Brasil, em 2013, ocorreram mais de 14 milhões de casos de afastamento por diarreia ou vômito, causando um total de 49,8 milhões de dias de afastamento ao longo de um ano. Em 2015, o custo total perdido por afastamentos relacionados ao saneamento foi de R\$872 milhões. Com a melhora do saneamento básico, espera-se que no ano 2035, o custo com horas não trabalhadas caia para R\$730 milhões. Isso equivale a uma economia estimada de R\$142 milhões, quando se compara os gastos em 2015 e 2035 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017). Segundo dados do Instituto Trata Brasil, até 2035, se considerado o avanço gradativo dos serviços de saneamento, o valor presente na economia em relação à saúde, tanto com despesas por internações quanto por afastamentos trabalhistas, pode alcançar R\$7.239 bilhões de economia (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

O custo para universalizar o acesso aos quatro serviços do saneamento (água, esgotos, resíduos e drenagem) até 2033, segundo dados do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2013), seria de aproximadamente R\$ 508 bilhões de reais.

Uma triste realidade é que a maior parte de investimentos financeiros em saneamento são destinados as cidades que já possuem os melhores índices e nos últimos 3 anos apenas 1,7% foram destinados aos estados mais necessitados como Amazonas, Acre, Amapá, Alagoas e Rondônia (PLANSAB, 2013).

A melhora nos índices de saúde pública só será efetiva quando diferentes vias caminharem na mesma direção, tanto a melhora na qualidade, disponibilidade de água potável e promoção da higiene aliadas ao acesso as redes de coleta e tratamento de esgoto, bem como a banheiros dignos e garantia das condições básicas de privacidade, garantindo assim a saúde, segurança e dignidade a todos os cidadãos (RÊGO; BARRETO; LARREA-KILLINGER, 2018).

Assim, a devida atenção aos serviços adequados de saneamento gera benefícios sociais e econômicos ao país, que contemplam custos mais reduzidos do sistema de saúde, maior assiduidade no trabalho e nas escolas, maior independência das mulheres, promovendo maiores rendimentos e desenvolvimento (HUTTON; HALLER, 2004).

Mesmo com dados apontando a relevância do saneamento em diversas áreas do desenvolvimento humano, raramente este é priorizado pelos governos, sendo sequer integrado ao planejamento de desenvolvimento em muitas regiões e até mesmo países. Segundo dados da UNICEF (2017), ao menos 40% da população mundial sofre com a escassez de água e 2,4 bilhões de pessoas não possuem saneamento adequado.

No Brasil a relação entre saneamento básico e seus impactos sobre saúde pública é percebido de maneira direta, especialmente nas zonas mais vulneráveis como favelas e áreas rurais. Nestes locais aonde o poder público muitas vezes não cumpre sua função, é possível a aplicação de tecnologias autônomas de baixo custo, emergenciais ou não, para que estes danos sejam reduzidos e até eliminados (DE SOUZA NUNES; FERREIRA; DE SOUSA, 2018).

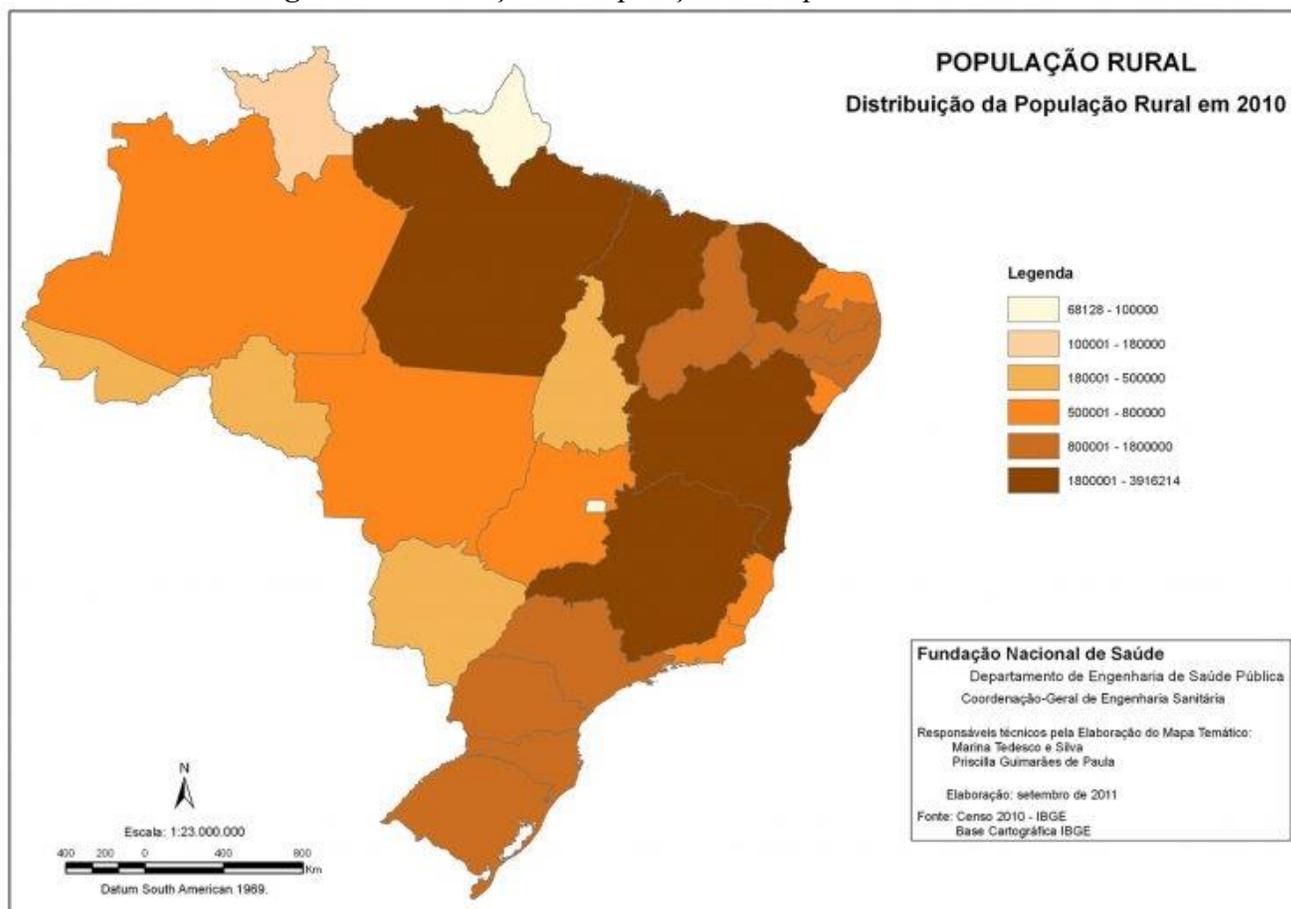
“Para muitos formuladores de políticas, o propósito de intervenções no abastecimento de água, no saneamento e na higiene é de reduzir a carga das doenças. Para a maioria dos beneficiados, porém, as vantagens dessas intervenções e os motivos pelos quais foram

adotadas não é apenas uma questão de saúde, mas uma melhoria na qualidade de suas vidas através de mais privacidade, conforto, status elevado, dignidade, proteção de assédio e uma redução de custo e tempos.” (RESENDE; FERREIRA; FERNANDES, 2018).

3.4 Caracterização do Saneamento Rural no Brasil

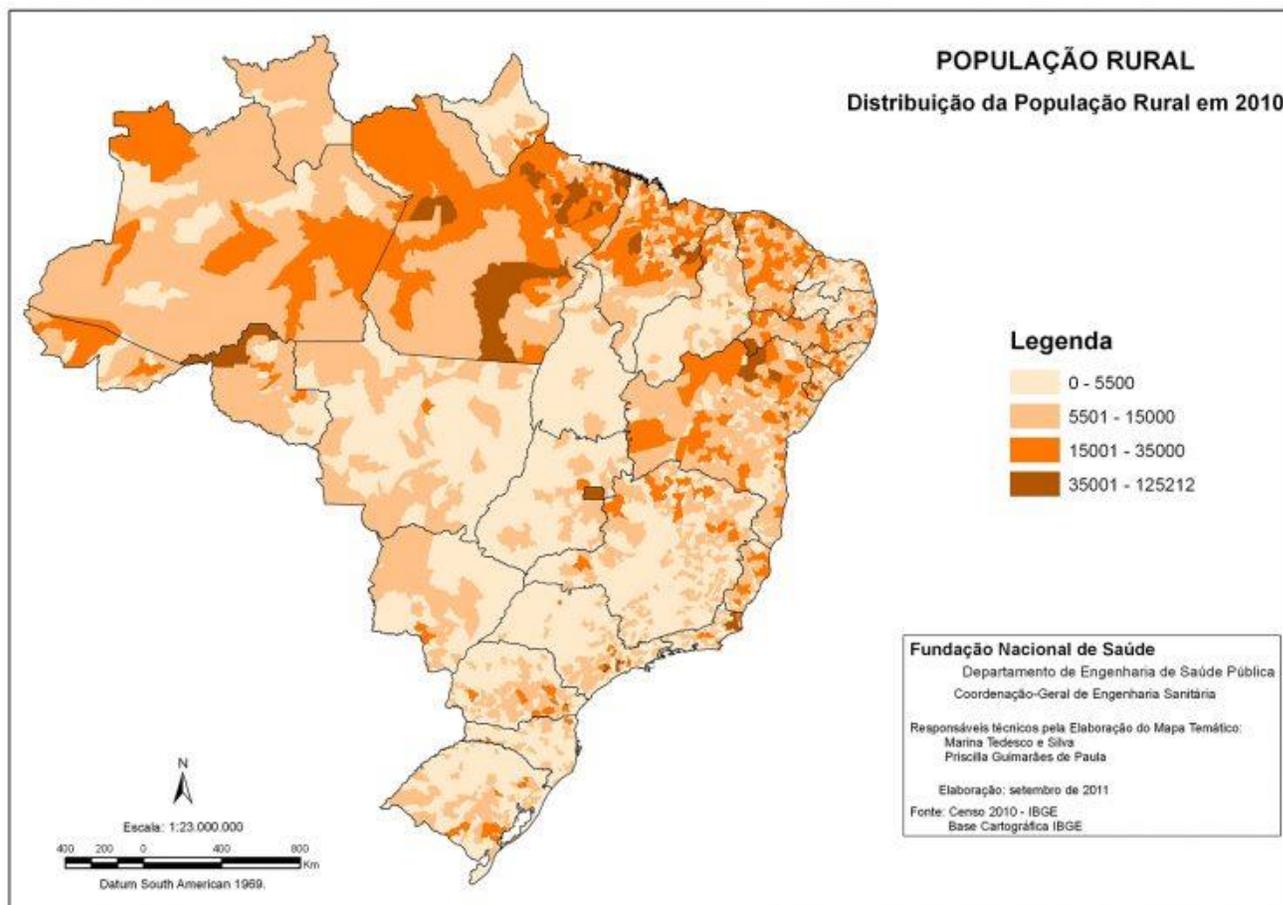
No Brasil, aproximadamente 29,9 milhões de pessoas residem em áreas rurais, o equivalente a cerca de 8,1 milhões de domicílios (IBGE, 2010). As figuras a seguir ilustram a distribuição da população rural por estado (Figura 1) e a distribuição da população rural por município (Figura 2).

Figura 1. Distribuição da População Rural por Estado.



Fonte: Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

Figura 2.Distribuição da População Rural por Município.



Fonte:Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

Conforme dados do Censo demográfico de 2010, entre os dados de saneamento rural o maior déficit ocorre nos dados de esgotamento sanitário, onde mais de 80% dos domicílios não possuem devido atendimento. Os dados relacionados ao abastecimento de água não levam em conta a qualidade da água, apenas a tipologia da solução adotada. Assim, o percentual de casas com condições precárias em relação ao abastecimento de água pode ser maior (FUNASA,2018).

Quadro 1. Caracterização da situação em relação ao déficit em saneamento rural no Brasil.

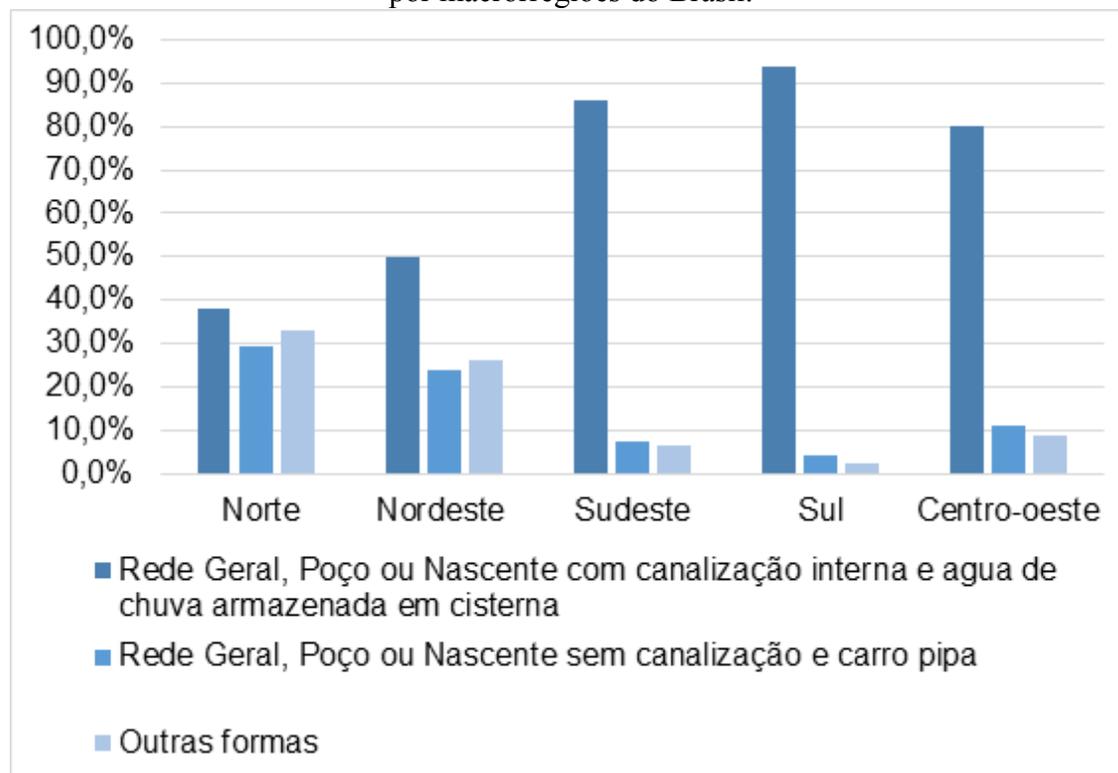
Serviço de Saneamento	Situação do Serviço					
	Adequado		Déficit*			
			Atendimento Precário		Sem Atendimento	
Nº de domicílios	%	Nº de domicílios	%	Nº de domicílios	%	
Abastecimento de água	5.224.326	64,6%	1.392.989	17,2%	1.474.988	18,2%
Esgotamento sanitário	1.387.456	17,1%	4.390.060	54,2%	2.314.786	28,6%
Manejo de resíduos sólidos	2.180.154	26,9%	291.881	3,6%	5.620.268	69,5%

Fonte: Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

O meio rural é composto por diversas particularidades de acordo com cada região, desta forma são necessárias intervenções específicas na área de saneamento adequadas as particularidades de cada realidade. Para que, assim, estas sejam efetivas de fato em relação as questões ambientais, educativas, tecnológicas e sustentabilidade das ações (FUNASA,2018).

As figuras 3, 4 e 5 apontam as regiões Sul e Sudeste como as mais atendidas em relação ao saneamento básico como um todo, comprovando os resultados dos maiores investimentos realizados nestas regiões, sendo a diferença em relação ao abastecimento de água a mais evidente. A região Sul é a que possui maior cobertura de rede geral, poço ou nascente com 93,7% dos domicílios atendidos e a região com menor abastecimento é a região Norte onde 38,1% dos domicílios possuem água de fontes seguras (Figura 3, FUNASA,2018).

Figura 3. Cobertura de serviços de abastecimento de água nos domicílios rurais brasileiros, por macrorregiões do Brasil.

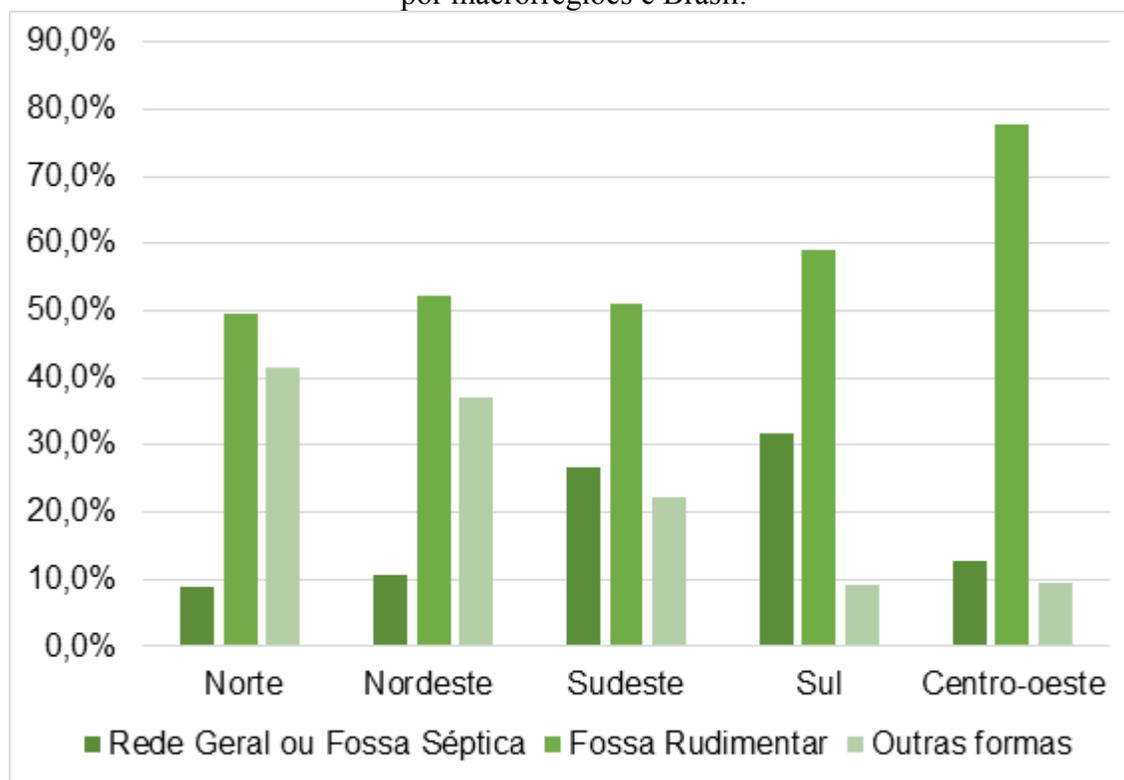


Fonte: Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

Em relação ao esgotamento sanitário, mais da metade dos domicílios do Brasil fazem uso da fossa rudimentar. Na região Norte, 49,7% dos domicílios possuem fossa rudimentar, 41,6% tem como solução outras formas de tratamento e apenas 8,7% possuem soluções “adequadas”. A Região Sul é a que apresenta maior percentual de domicílios com soluções adequadas para o tratamento como conexão à rede geral ou fossa séptica com 31,7% dos domicílios atendidos(FUNASA,2018).

Segundo a Figura 4 apresentada, a região Centro-Oeste é a que possui maior número de fossas rudimentares instaladas, chegando a compor quase 80% da sua principal tecnologia de tratamento.

Figura 4. Cobertura de serviços de esgotamento sanitário nos domicílios rurais brasileiros, por macrorregiões e Brasil.

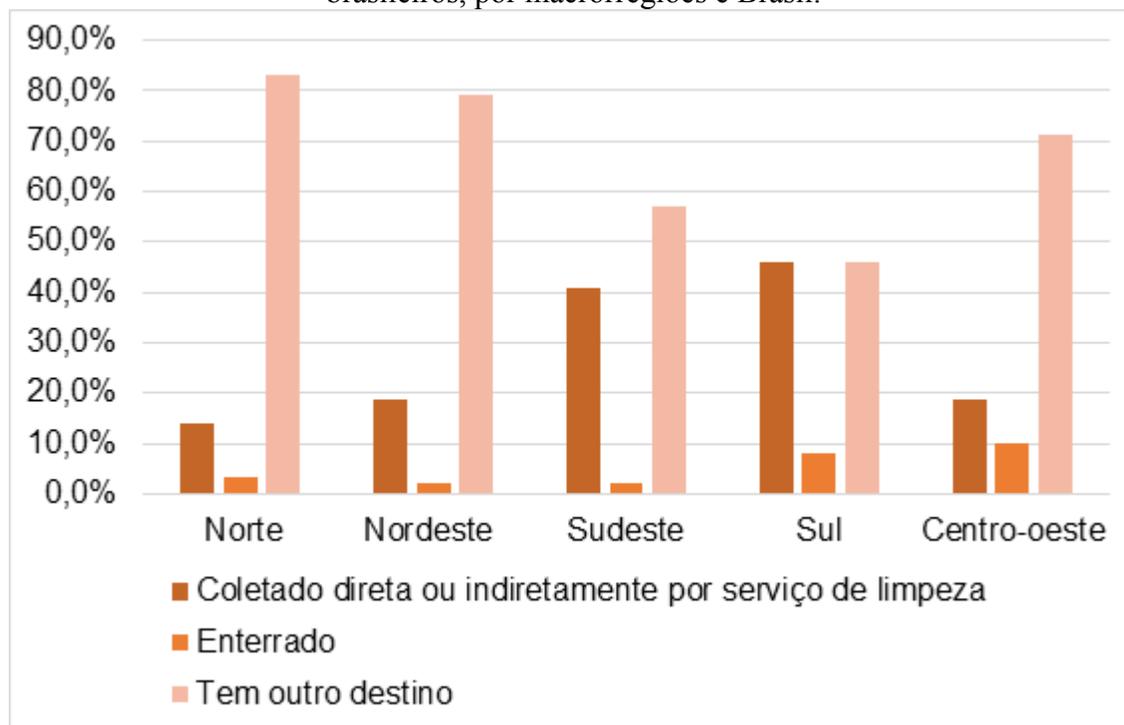


Fonte: Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

Quanto a destinação dos resíduos sólidos em áreas rurais as regiões, Norte e Nordeste são as que possuem a realidade sanitária mais precária, com respectivamente 83% e 79,3% dos domicílios destas regiões destinando seus resíduos de "outra forma" (diferente da coleta e de enterrar na propriedade), sendo a prática mais comum a queima (FUNASA, 2018).

As regiões que possuem maior cobertura quanto ao serviço de coleta são as regiões Sul e Sudeste, com 46,1% e 40,7% dos domicílios atendidos, porém ainda assim o número de domicílios não atendidos é alto (Figura 5).

Figura 5. Cobertura de serviços de manejo de resíduos sólidos nos domicílios rurais brasileiros, por macrorregiões e Brasil.



Fonte: Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

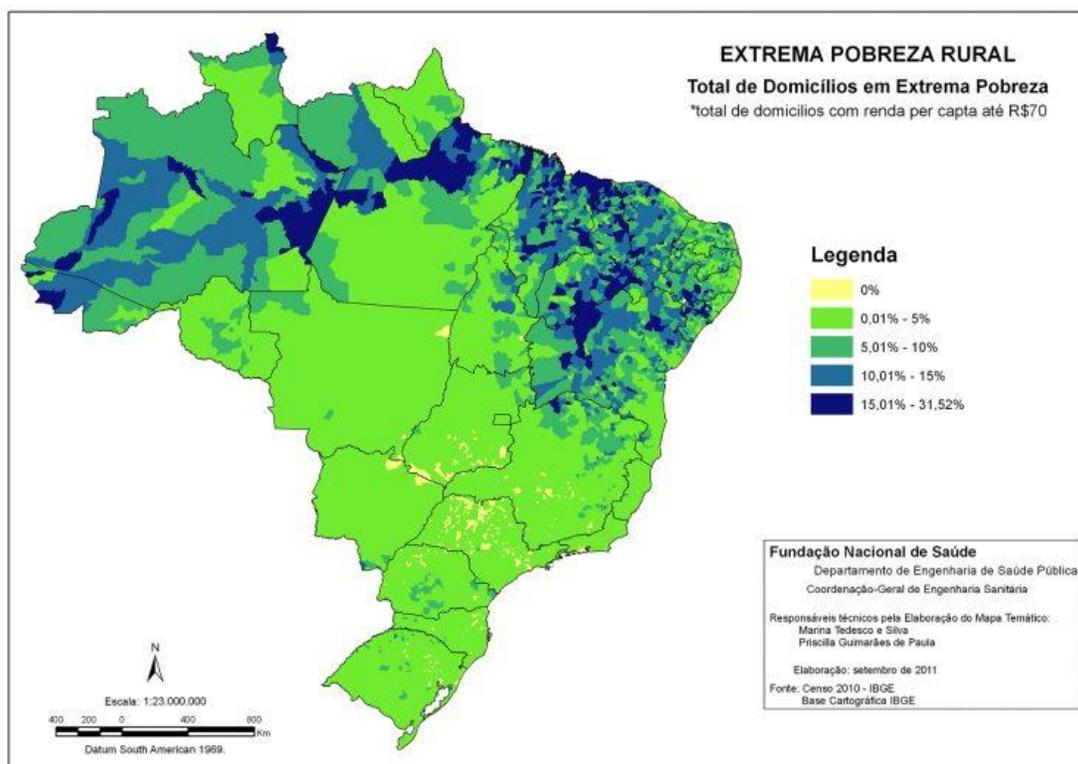
O cenário apresentado contribui de forma direta e indireta para o surgimento de diversas doenças ligadas a transmissão hídrica como parasitoses intestinais e diarreias, as principais responsáveis pelas altas taxas de mortalidade infantil e outros problemas de saúde pública. As ações voltadas ao saneamento buscam reverter estes casos promovendo também a inclusão social destes grupos mediante a integração com outras políticas públicas associadas como saúde, habitação, igualdade racial e meio ambiente (FUNASA,2018).

Em relação a população rural em situação de extrema pobreza, foi instituído pelo Decreto nº 7.492/2011 (BRASIL, 2011),o Plano Brasil sem Miséria e com base no Censo/2010, é possível verificar que aproximadamente metade da população em situação de extrema pobreza no Brasil vive em área rural ou seja, 7,6 milhões de habitantes, o que representa 25% do total da população rural do Brasil.

Os critérios estabelecidos para caracterizar a linha da extrema pobreza foram R\$ 70,00, per capita considerando o rendimento nominal mensal domiciliar, portanto qualquer pessoa residente em domicílios com rendimento menor ou igual a este valor é considerada

em condição de extrema pobreza. Analisando os resultados encontrados a maior concentração de pessoas nesta situação é nas regiões Norte e Nordeste, em especial nas regiões do Rio Amazonas e no Semiárido (FUNASA,2018).

Figura 6.Distribuição dos Domicílios Rurais em extrema pobreza por Município



Fonte: Departamento de Engenharia de Saúde Pública da FUNASA, com dados do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

Os dados analisados são de 2010, visto que o censo demográfico é a fonte que consegue captar informações mais fidedignas das condições sanitárias da população rural brasileira. (FUNASA, 2018). Dados encontrados no PNAD 2016, segundo Menezes e Jannuzz (2018), confirmam que situação de extrema pobreza dos últimos anos fez com que em 2 anos o Brasil retrocedesse cerca de 10 anos em relação a estes índices.

3.4.1 Políticas Públicas voltadas ao Saneamento Rural

A Constituição Brasileira caracteriza a função social da propriedade rural quando esta atende a quatro requisitos sendo eles: aproveitamento racional e adequado; utilização adequada dos recursos naturais disponíveis e preservação do meio ambiente; observância

das disposições que regulam as relações de trabalho; exploração que favoreça o bem-estar dos proprietários e dos trabalhadores (BRASIL, 1988).

De acordo com a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991 (BRASIL, 1991), o processo de desenvolvimento agrícola deve proporcionar ao homem que vive em área rural o acesso aos serviços essenciais como saúde educação, segurança pública, transporte, eletricidade, comunicação, habitação, saneamento, lazer e outros benefícios sociais. O Brasil possui cerca de 31 milhões de habitantes residentes em área rural e comunidades isoladas (IBGE, 2010), em contramão a legislação apresentada, apenas 22% desta população possui acesso aos serviços de saneamento básico, e cerca de 5 milhões de pessoas não possuem banheiro, portanto cerca de 24 milhões de brasileiros ainda sofrem com o grave problema da falta de saneamento básico (EMBRAPA, 2016).

Em 2001 foi criado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) com a finalidade de auxiliar no desenvolvimento sustentável no meio rural (Decreto 3.991/2001), prezando pela defesa do meio ambiente como um dos princípios da agricultura familiar. A partir do PRONAF surge integração com o Plano Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável – PNDRS, responsável por objetivos e iniciativas de curto, médio e longo prazo aplicadas para o desenvolvimento rural, sendo assim também um instrumento estratégico para a participação rural no desenvolvimento nacional (RESENDE; FERREIRA; FERNANDES, 2018).

Em 2011 foi criado o Plano Brasil Sem Miséria por meio do Decreto nº 7.492/2011, dando origem também ao Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Água - “Água Para Todos”, programa destinado a promoção do acesso universalizado a água, para consumo, produção agrícola e alimentar, buscando uma maior qualidade de vida às famílias em situação de vulnerabilidade social, garantindo-lhes o fundamental (FUNASA, 2018).

São consideradas fundamentais para o desenvolvimento rural a adequação da função social da propriedade, a aplicação das leis trabalhistas no campo e o cumprimento da legislação ambiental. As políticas públicas voltadas ao desenvolvimento rural sustentável são estabelecidas levando sempre em consideração a preservação do meio e a utilização consciente dos recursos naturais, porém sem especificidades ao saneamento rural. Surge assim o Programa Nacional de Saneamento Rural, proposto pelo Plano Nacional de

Saneamento Básico, em busca de universalizar o acesso ao saneamento básico nas áreas rurais, para que todos tenham acesso as redes de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, melhorias locais dos sanitários em si, manejo dos resíduos sólidos, educação e mobilização social (RESENDE; FERREIRA; FERNANDES, 2018). O Programa ainda está em fase de elaboração e prevê um conjunto de ações que possam garantir a participação social, sustentabilidade e subsídios, para que seja possível o alcance de metas de curto, médio e longo prazos, com investimentos estimados de até R\$ 14 bilhões em 20 anos (FUNASA, 2011).

O Programa se baseia em três eixos sendo estes: tecnologia de saneamento apropriada a cada região; gestão, operação e manutenção dos serviços implantados; educação e mobilização. O objetivo é promover a universalização do acesso em um horizonte de 20 anos a partir de uma parceria entre a FUNASA e a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), buscando a compreensão sobre as características e as necessidades das comunidades rurais em diferentes regiões, conexão com outras políticas públicas e articulação entre o Estado, os municípios e a sociedade civil. O Programa está em sua fase final em consulta pública aberta para que as propostas possam ser avaliadas e aprimoradas (RESENDE; FERREIRA; FERNANDES, 2018).

3.5 Alternativas de Saneamento para Área Rural

As tecnologias convencionais utilizadas pelas companhias de saneamento não são opções viáveis as comunidades rurais, tanto pelo alto custo de implantação e manutenção das estações de tratamento, quanto pela alta dispersão populacional que existe na zona rural. Há, portanto, a necessidade do desenvolvimento e disseminação do conhecimento sobre tecnologias alternativas de baixo custo e fácil operação para o tratamento do esgoto doméstico (SARTORI, 2010).

Tendo em vista que o principal mecanismo utilizado na área rural para tratamento do esgoto são as fossas rudimentares e que esta tecnologia contribui de forma direta e indireta para a propagação de doenças como verminoses, cistos de ameba, diarreia, cólera e hepatite, é urgentemente necessário que novas ações públicas busquem amenizar e transformar estes quadros (COSTA, 2013).

Uma alternativa às fossas rudimentares são as fossas sépticas, que atuam como medidas de saneamento em locais aonde a rede coletora de esgoto não está presente. Porém a fossa séptica apenas permite que haja a redução do lançamento do esgoto em valas a céu aberto, ou em corpos d'água, diminuindo alguns impactos ambientais causados pelo lançamento dos dejetos em locais inadequados. A ferramenta utilizada para a construção da fossa séptica tradicional consiste em um único tanque que por sedimentação e biodigestão parcial processa o esgoto doméstico. Esta alternativa é comumente utilizada e construída, por ser relativamente simples, porém ainda assim pode trazer riscos à saúde, contaminando o lençol freático e pode ser inacessível para famílias em situação de pobreza por conta do seu custo (COSTA, 2013).

Diante desta realidade, algumas soluções alternativas para tratamento do esgoto têm sido propostas para as famílias em zona rural. Existem hoje experiências alternativas à fossa séptica tradicional, com melhores índices de tratamento dos efluentes e em algumas situações menores custos também. Algumas destas tecnologias sociais alternativas vêm sendo desenvolvidas em parceria com o poder público, de forma que em um futuro próximo sejam pensadas políticas públicas nesta área, voltadas para tecnologias inclusivas (COSTA, 2013).

A devida atenção a este tema é de extrema importância, pois as doenças oriundas da falta de saneamento são muitas vezes as responsáveis pelas altas taxas de mortalidade infantil no Brasil e no mundo e são um empecilho ao desenvolvimento intelectual e social de um grupo de pessoas que não recebem os devidos cuidados e condições básicas por parte dos governos para que possam se desenvolver integralmente.

Embora existam diversas tecnologias que respeitem o conceito de sustentabilidade, de baixo custo para implementação, manutenção e fácil aplicação, tais tecnologias sociais ainda possuem grande potencial de adoção em todo o Brasil. Dos 5.570 municípios do território nacional, apenas 4,45% adotaram as tecnologias sociais, estes dados sinalizam que o acesso aos serviços de saneamento básico na área rural ainda são um dos principais desafios para vencer a crise sanitária que afeta a qualidade de vida e a saúde de milhares de pessoas no campo (EMBRAPA, 2016).

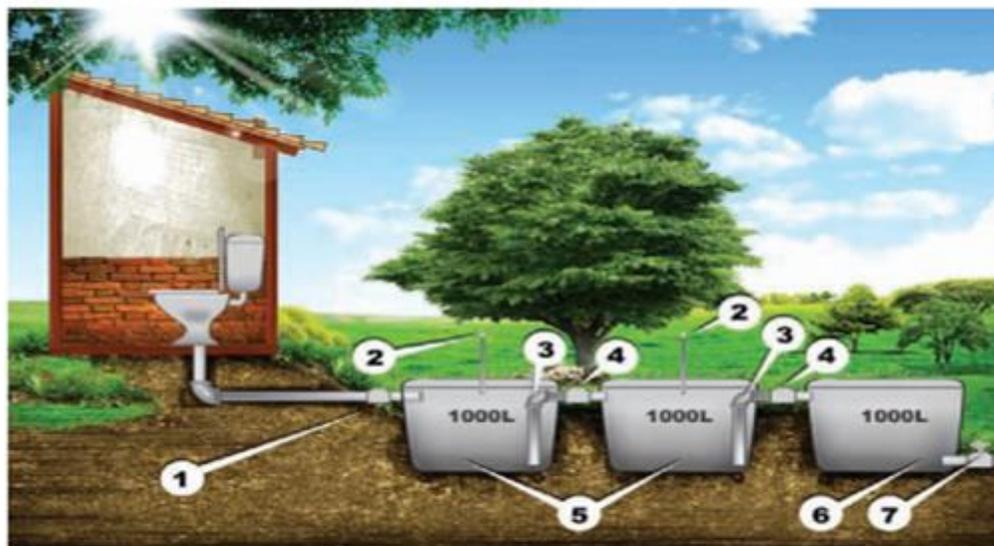
O ideal seria que tais experiências apresentadas como soluções reais e viáveis para tratamento de esgoto em área rural, se tornassem de fato tecnologias base para políticas

públicas de acesso ao saneamento básico. Dentre as tecnologias de baixo custo existem Fossa Séptica Biodigestora, Alagados Construídos (*Wetlands*), Tanque de Evapotranspiração, Vermifiltro (Vermicompostagem), Fossas Sépticas Econômicas e Banheiro Seco.

3.5.1 Fossa Séptica Biodigestora

A Fossa Séptica Biodigestora é um modelo da Embrapa, composta por um sistema simples de ser desenvolvido, que pode ser utilizado para tratar o esgoto dos banheiros de famílias com até cinco pessoas. Neste tipo de tratamento, o esgoto é despejado dentro de um conjunto de três caixas d'água de 1000 litros cada, interligadas entre si por canos e conexões de PVC, criando um sistema impermeável, com apenas uma abertura final e um registro de saída, (EMBRAPA, 2004). A figura representa o sistema da Fossa séptica, no qual a primeira caixa já é conectada direto ao vaso sanitário (Figura 7).

Figura 7. Estrutura Fossa Séptica Biodigestora



- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1 – Válvula de retenção | 4 – “T” de inspeção |
| 2 – Chaminé de alívio (suspiro) | 5 e 6 – Caixas de 1.000 ml |
| 3 – Curva de 90° | 7 – Registro |

Fonte: EMBRAPA, 2004.

As duas primeiras caixas possuem um tubo inserido de forma vertical em cada uma delas para que o gás proveniente da digestão anaeróbia possa sair. Existe uma abertura no

encanamento antes da primeira caixa, para que uma mistura de aproximadamente 20 litros contendo em partes iguais esterco e água, seja inserida no sistema. Esta mistura deve ser adicionada mensalmente, para aumentar a atividade biológica. Ao final das 3 caixas, que devem ser vedadas, o esgoto é tratado pelo processo de biodigestão anaeróbia, que reduz a carga de agentes patogênicos a saúde humana, chegando a não oferecer mais riscos e descontaminando assim a água (OTENIO et al., 2014).

O tempo para que ocorra a biodigestão varia de acordo com a temperatura e com o número de pessoas que estão utilizando a fossa, em uma casa com 5 pessoas são gerados em torno de 90 L por dia. A partir disso, um líquido gerado na terceira caixa d'água forma um biofertilizante, que pode ser utilizado como adubo para árvores ou despejado diretamente na terra. (OTENIO et al.,2014).

Segundo as análises da Embrapa, o sistema não gera lodo, assim a manutenção destas fossas é muito rara chegando a constatar ausência em relação à presença de coliformes termotolerantes ao final do tratamento (COSTA, 2013).

3.5.2 Fossa Séptica Econômica, Círculo de Bananeiras e Vala de Infiltração;

As Fossas Sépticas Econômicas foram difundidas a partir de uma iniciativa da Prefeitura Municipal de Caratinga (MG), na qual outras alternativas mais baratas economicamente eram pensadas para que o saneamento rural se tornasse uma realidade na região. Esta tecnologia é uma adaptação da Fossa Séptica Biodigestora.

O sistema para uma família de 5 pessoas é basicamente composto por três bombonas de polietileno de 200 litros, em algumas literaturas é encontrado o valor de 220 litros, com tampa rosqueadora, interligadas por tubos de 100mm que destinam o esgoto doméstico aos processos de floculação, sedimentação e biodigestão anaeróbia, a fim de eliminar aproximadamente 80% dos resíduos orgânicos e dos patógenos. Caso existam mais moradores, deve-se acrescentar 1 bombona por morador (PREFEITURA DE CARATINGA, 2011).

As Fossas Sépticas Econômicas podem receber todos os efluentes do banheiro, tanto águas cinzas provenientes da pia e chuveiro, quanto a água negra do vaso sanitário. Para destinação da água proveniente da cozinha, é necessária a construção de uma caixa de inspeção e uma caixa de gordura, em seguida o encanamento pode ser também conectado ao sistema (POSTIGO et al., 2017.)

As bombonas devem ser semi-enterradas em seqüência, com um pequeno desnível entre elas, e com uma distância de pelo menos 4 metros do banheiro. O buraco cavado no solo deverá ter aproximadamente 1,40 metros de profundidade, 2,50 metros de comprimento e 80 centímetros de largura. Como na Fossa Séptica Biodigestora, o primeiro tambor deve conter um suspiro vertical, formado pela flange, o tubo e os joelhos de 40mm para que os gases sejam liberados (PREFEITURA DE CARATINGA, 2011).

A Figura 8 representa a implantação da Fossa Séptica Econômica em propriedade rural. As bombonas devem ser instaladas em série, tendo como principal característica da redução de custo a possibilidade do reuso destas, utilizando bombonas usadas.

Figura 8. Fossa Séptica Econômica (Foto: Guilherme Franceschini)



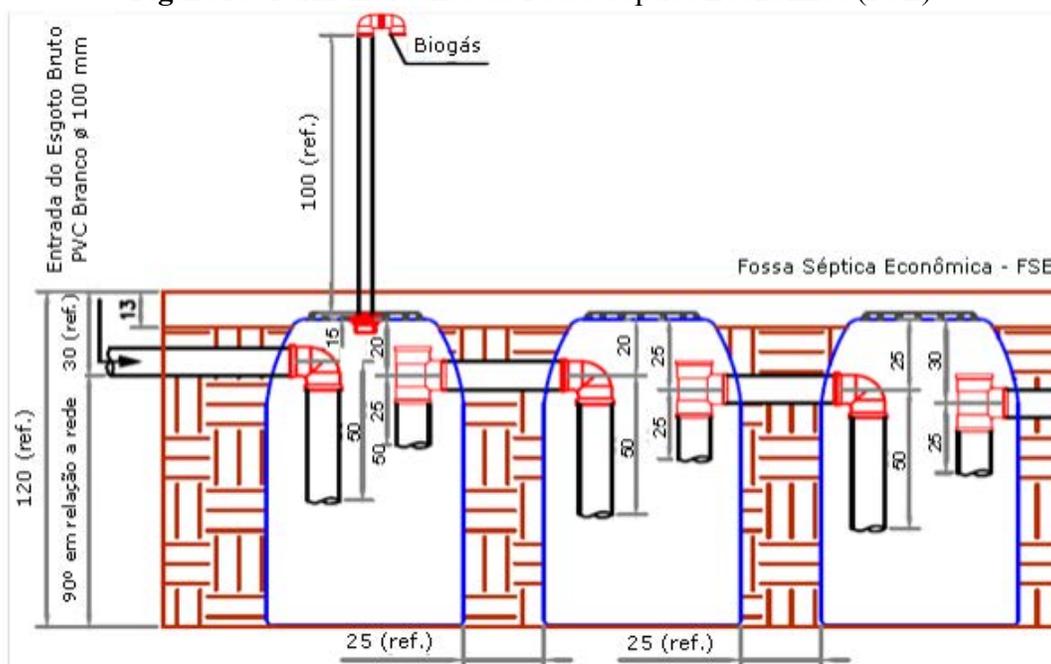
Fonte: Tonetti et al., 2018

Figura 9. Fossa séptica econômica implantada em área rural de Pederneiras-SP



Fonte: Postigo et al., 2017.

Figura10. Perfil hidráulico da Fossa Séptica Econômica (FSE).



Fonte:POSTIGO et al., 2017.

Após alguns anos de utilização da tecnologia, foi detectada a formação de um lodo, que prejudica a eficiência do sistema, sendo assim se faz necessária sua limpeza de aproximadamente 7 em 7 anos, e uma desvantagem é que muitas vezes o lodo acaba sendo destinado aos aterros sanitários. Como o sistema não possui uma total eficácia, sendo sua máxima eficiência de 80% em relação a matéria orgânica e patógenos, é necessário que os efluentes sejam despejados em Valas de Infiltração (Figura 11), Sumidouros, ou Círculo de Bananeiras para que não haja risco de contaminação do lençol freático e estes devem estar localizados a pelo menos 30 metros de distância de qualquer fonte de água, para que também não ocorra risco de contaminação (COSTA, 2013).

Figura 11. Exemplo de Sumidouro e Vala de Infiltração.



Fonte: Prefeitura de Caratinga, 2011.

O escoamento através da vala de infiltração é recomendado para locais com lençol freático mais próximo à superfície e consiste na escavação de uma vala na qual é colocado um dreno com brita, permitindo o escoamento do efluente para dentro do solo. É aconselhável plantar capim apropriado no entorno da vala, criando assim um pequeno filtro por zona de raízes (BANCO DO BRASIL, 2012).

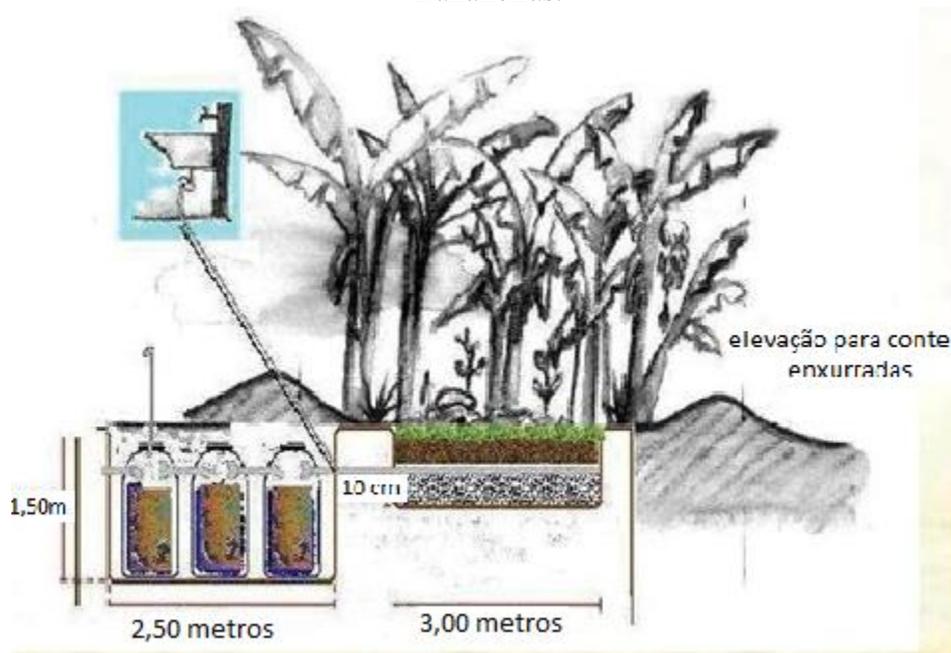
Para a construção da Vala de infiltração são necessárias 2 varas de canos plásticos de 100mm e britas. Devem ser feitos vários furos de 0,5 polegada na parte de inferior do cano (que estará em contato com o solo) para que a água possa infiltrar. Após o Sistema da Fossa Séptica Econômica feito, deve abrir outra vala na seqüência e preenche-la com pedras, em seguida conectar o cano de infiltração e cobri-lo com britas novamente (POSTIGO et al., 2017).

Já o escoamento feito através do Sumidouro, é recomendado para locais aonde o lençol freático é mais profundo. O diâmetro e a profundidade dependem da quantidade de efluente e tipo de solo, porém não deve ter mais de 1metro de diâmetro e mais de 3 metros de profundidade (BANCO DO BRASIL, 2012).

O sistema completo se torna uma tecnologia de baixo custo, fácil instalação e boa eficiência, podendo ser integrado também com um Círculo de Bananeiras e uma Vala de Infiltração (Figura 12).

É importante ressaltar que para todos os sistemas de tratamento de esgoto de baixo custo aqui apresentados não é recomendado o uso de produtos sanitizantes por comprometerem o desenvolvimento das bactérias presentes responsáveis pela biodigestão. (POSTIGO et al., 2017.)

Figura 12. Fossa Séptica Econômica integrada à Vala de Infiltração e ao Círculo de Bananeiras.



Fonte: Organização do Povo que Luta.

Por conta da substituição das caixas d'água por bombonas de polietileno e por não haver necessidade de mão de obra especializada, o custo para implantação da Fossa Séptica Econômica é muito menor quando comparado ao custo da Fossa Séptica Biodigestora, porém sua eficiência é um pouco menor, havendo necessidade de pós tratamento simples (COSTA, 2013).

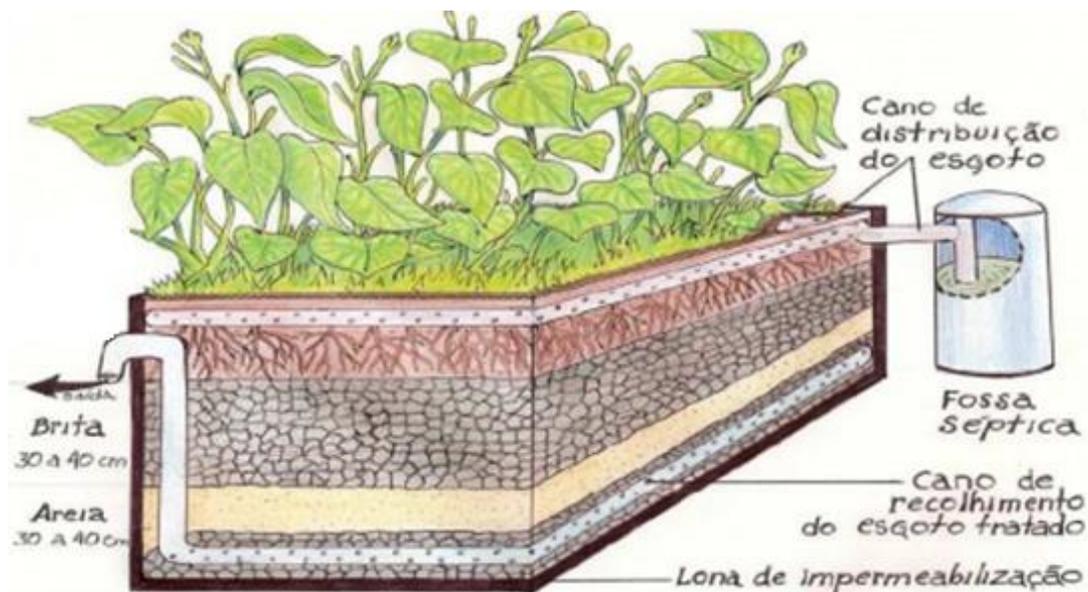
3.5.3 Alagados Construídos Fluxo Subsuperficial Vertical (*Wetlands*)

O Sistema Alagados Construídos de Fluxo Subsuperficial Vertical ou também conhecido como Zona de Raízes, é baseado em um fenômeno natural que ocorre nas áreas alagadas, as quais possuem um alto potencial de degradação e incorporação de matéria orgânica e vêm sendo utilizadas para tratamento de águas residuais há séculos. Porém em muitos casos seu uso se constituiu em uma eliminação e despejo de esgotos, o que acaba por levar a uma degradação irreversível a muitos ecossistemas (RIBEIRO, 2001).

Como tecnologia o sistema é normalmente utilizado para tratamento complementar às águas residuais provenientes de outros tratamentos, como a Fossa Séptica. O sistema consiste basicamente na construção de um tanque com base retangular que deve ser impermeabilizada, no qual são utilizadas diversas plantas aquáticas que se sustentam em

substratos como areia, solo ou cascalho, local aonde ocorre a proliferação de microrganismos que através de processos biológicos, químicos e físicos, tratam águas residuais. O fluxo hidráulico é descendente, com o efluente sendo destinado a um tratamento primário, como uma Fossa Séptica, e então encaminhado por uma tubulação até uma região na qual se encontram as diferentes plantas (AVELINO, 2012).

Figura 13. Desenho esquemático da estação de tratamento de esgotos por meio de Zona de Raízes.



Fonte: MAIER, 2007, adaptado de KAICK, 2002.

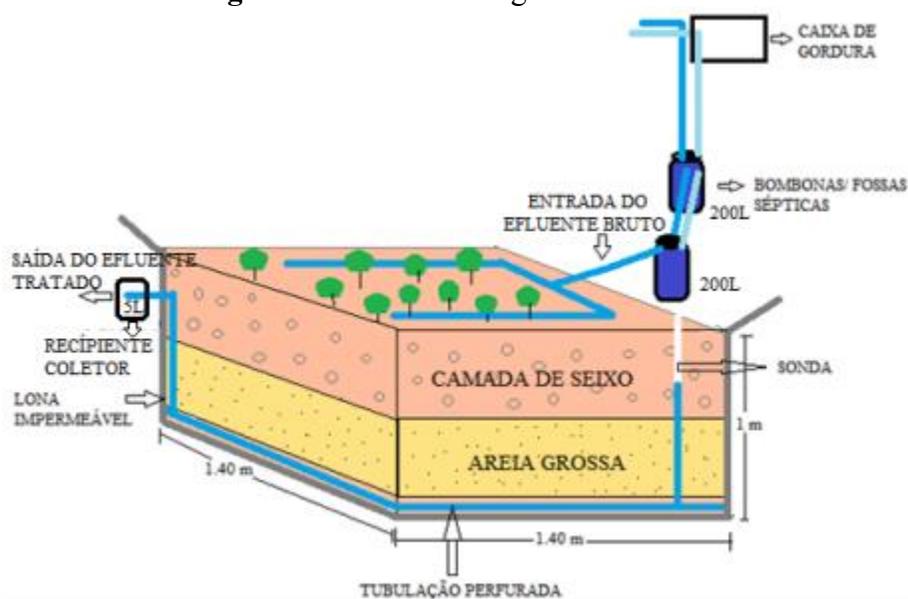
Em relação a profundidade do sistema, Sezerino et al. (2015) sugere valores entre 0,50m e 1,50m, com comprimento superior a largura, buscando direcionar uma tendência ao escoamento. Para o dimensionamento total da área do sistema é recomendado o valor de aproximadamente 2m² a 3m² por pessoa (BRIX; ARIAS, 2005), com aproximadamente 70 cm de profundidade dependendo do número de pessoas que utilizarão o sistema. Para maior eficiência o tempo de retenção do efluente no sistema deve ser de aproximadamente 2 dias (NAGAMATI; SANTOS; MENDES, 2018).

Neste tipo de sistema o leito permanece alagado e a escolha da vegetação adequada acaba por criar um ambiente ecologicamente propício a muitas interações, ocorrendo assim simultaneamente diferentes formas de tratamento (WETLANDS, 2018).

As plantas utilizadas são as macrófitas. Plantas aquáticas, geralmente encontradas em sistemas como brejos. No caso, a Taboa é a mais utilizada, porém outras plantas como Copo de Leite (*Zantedeschia aethiopica*), Bananeira de Jardim (*Canna x generalis*) e outras também podem ser utilizadas. (LEMES et al., 2008). No sistema as plantas possuem a função de estruturar o meio suporte, evitar colmatação e troca gasosa. (QUELUZ, 2016)

As redes de alimentação e drenagem devem ser instaladas nas entradas e saídas com o nível d'água regulado por uma por uma válvula na saída. Em um estudo de caso de baixo custo apresentado por Silva et al. (2007), ao percorrer o sistema o efluente passa inicialmente pela caixa de gordura, seguindo para a fossa séptica e em seguida é direcionado por meio de tubulações até a Zona de Raízes. Este sistema pode receber tanto as águas cinzas, provenientes das pias e chuveiro, quanto as águas negras, vindas do vaso sanitário. No caso da não existência da fossa séptica, esta pode também ser substituída por duas bombonas de 200L colocadas em série após a caixa de gordura, interligadas por canos de PVC, como exemplo simplificado na Figura 14.

Figura 14. Perfil do Alagados Construídos



Fonte: SILVA et al., 2007.

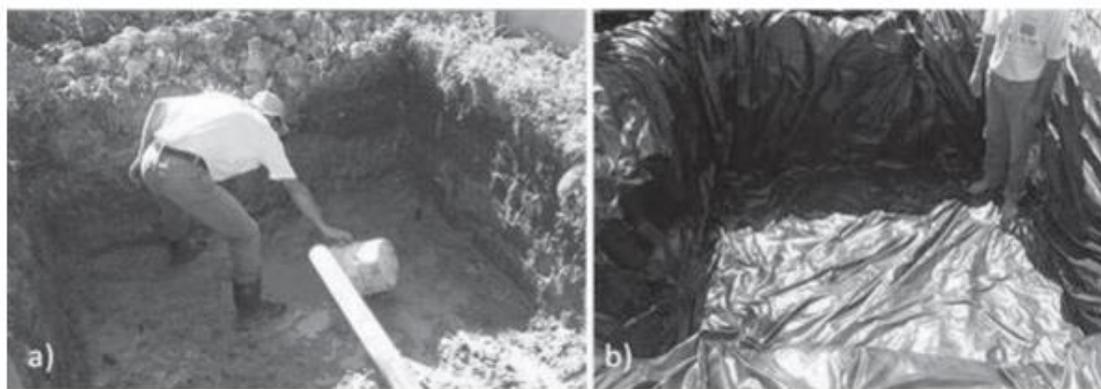
O sistema é formado por um filtro físico composto por plantas na superfície, sua estruturação é feita por uma camada de brita nº 2, seixo ou conchas, de aproximadamente 40 cm de profundidade. Após esta camada de brita encontra-se outra camada do filtro, composta de areia que ocupa o espaço de 40 cm de altura entre o fundo do filtro e a camada

de brita, ao fundo ficam as tubulações que captam o efluente tratado. É aconselhável depositar uma fina camada de brita sobre as tubulações, antes da areia, a fim de evitar a colmatação do sistema. Ao final do processo o efluente já sai dentro dos parâmetros para que possa ser reutilizado como para regar árvores, ou mesmo ser direcionado para o solo (LEMES et al., 2008).

Em um segundo estudo de caso para a construção de um sistema experimental, foi relatado que, para 5 pessoas em um local que já existia a fossa séptica pronta, foram utilizadas medidas por área menor do que as indicadas na literatura, e a impermeabilização do sistema foi feita por geomanta, porém com bons resultados de eficiência.

Foram adaptadas canalizações para a condução do efluente da Fossa Séptica até o Alagados Construídos. O solo foi escavado com profundidade de 1m e com área total de 6m². Para a prevenção de contaminações a base do sistema e as laterais foram impermeabilizadas por uma tripla camada de geomanta preta de 0,2mm, ou podendo ser impermeabilizada com concreto armado (Figura 15).

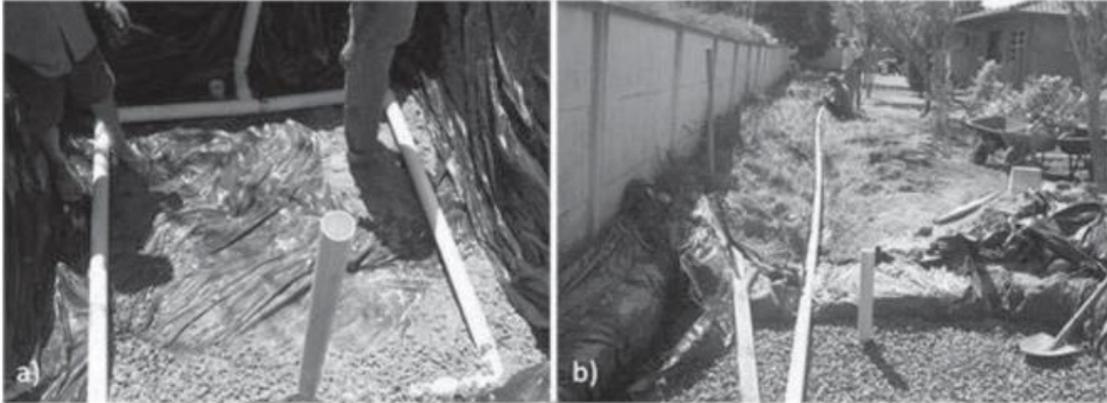
Figura 15. Impermeabilização do tanque.



Fonte:LEMES et al., 2008.

Devem ser feitas perfurações no encanamento para a distribuição do esgoto no sistema e no encanamento para coleta do esgoto tratado a ser transportado com broca de 8mm e intervalos de 20 cm entre os furos. Após a impermeabilização da área é adicionado um quadro de encanamentos com dois respiros de lados opostos, para que haja um acesso ao efluente tratado, estes devem ser tampados para não ocorra proliferação de mosquitos ou animais e entupimento dos canos. Após a instalação do encanamento, adiciona-se uma camada de brita nº 2, para que não haja entupimento dos furos pela areia (Figura 16).

Figura 16. Quadro de encanamentos e conexão com a Fossa Séptica.



Fonte: LEMES et al., 2008.

No experimento apresentado o filtro foi formado por uma camada base fina de brita, seguida por uma de areia de aproximadamente 40 cm e por cima mais uma camada de brita com 60 cm. O encanamento responsável pela distribuição do esgoto deve ficar coberto com 10 cm nesta última camada de brita (Figura 17). No estudo apresentado o desnível entre os canos de chegada do esgoto pela fossa e de saída do sistema era também de 10cm. A planta utilizada foi o Copo-de-Leite (Figura 18), plantadas diretamente na própria brita (LEMES et al., 2008).

Figura 17. Composição do filtro com areia média e brita nº2. No detalhe ponto de saída do esgoto tratado.



Fonte: LEMES et al., 2008.

Figura 18. Copos-de-Leite plantados na ETE piloto



Fonte: LEMES et al., 2008.

A partir de análises realizadas do sistema de tratamento por Alagados Construídos em um terceiro estudo encontrado, realizado de forma semelhante, porém em menor escala, o sistema alcança uma eficiência entre 77% a 98%, que pode ser comparada aos sistemas de tratamento mais caros. Com eficiência média de 81,2% para DBO, 60% para Fósforo total e 99,2% para coliformes termotolerantes (SILVA et al., 2017).

3.5.4 Tanque de Evapotranspiração

O Tanque de Evapotranspiração é uma técnica conhecida por permacultores¹ com potencial para aplicação no tratamento domiciliar de águas negras em zonas urbanas e rurais. O sistema é formado basicamente por um tanque impermeabilizado de alvenaria ou ferrocimento, com aproximadamente um metro de profundidade, dentro do qual se constrói um duto, enfileirando pneus, com cerca de 2 metros de largura e acréscimo de 1m de comprimento por usuário, resultando aproximadamente em um sistema com 2m² por pessoa (PAMPLONA; VENTURI, 2004).

¹ Permacultores: São os praticantes e adeptos à Permacultura; sistema que transpassa desde a compreensão da ecologia, da leitura da paisagem, do reconhecimento de padrões naturais, do uso de energias e do bem manejar os recursos naturais, com o intuito de planejar e criar ambientes humanos sustentáveis e produtivos em equilíbrio e harmonia com a natureza. (SANTOS; VENTURI, 2018).

Para uma casa com 5 pessoas, as medidas são $2 \times 1 \times 5 \text{ pessoas} = 10 \text{ m}^3$ e por esta tecnologia estar relacionada à incidência do sol, pelo processo de evapotranspiração realizado pelas plantas, o tanque deve estar direcionado a face norte, sem impedimentos para que ocorra este contato o mais direto possível. Ao entorno dos pneus são dispostos entulhos diversos como cacos de telhas ou tijolos, que correspondem normalmente a mesma altura da fileira de pneus, aproximadamente 60cm (PAMPLONA; VENTURI, 2004).

O esgoto bruto é direcionado do vaso sanitário para o duto formado pelos pneus. Este sistema representa a fossa séptica e o filtro anaeróbico, onde a matéria orgânica é decomposta sem a presença do oxigênio. Para as águas cinzas (provenientes de pias e chuveiro) é recomendado um Círculo de Bananeiras ou outras alternativas (VIEIRA, 2010).

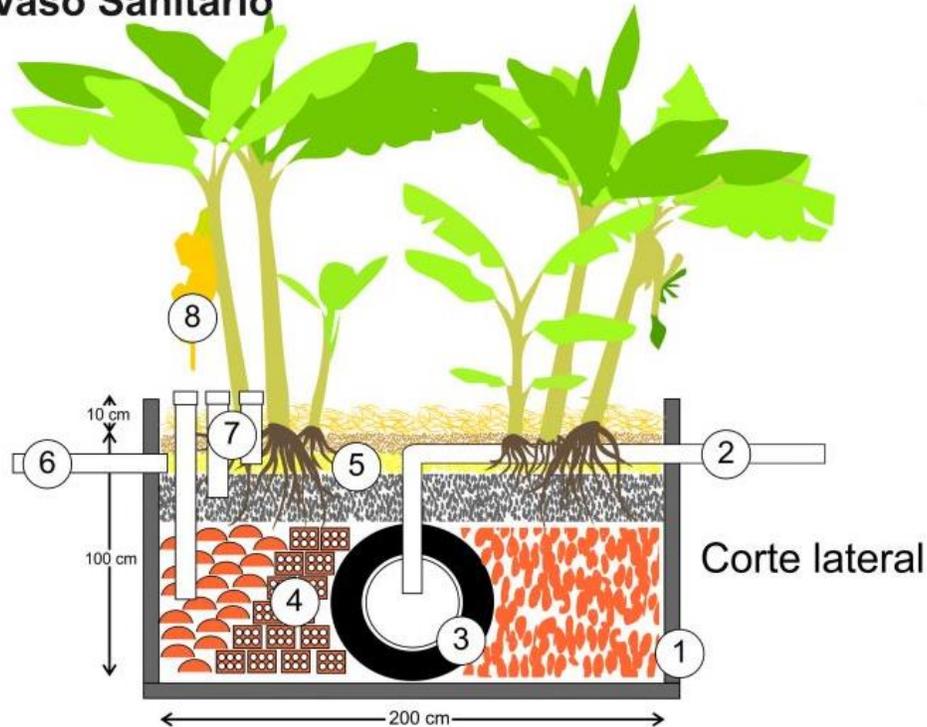
As camadas superiores do Tanque de Evapotranspiração vão sendo constituídas por materiais cuja granulometria vai diminuindo de forma gradativa até chegar a superfície do mesmo. Segundo dados da cartilha Da Terra Permacultura, neste momento é acrescentada uma camada de aproximadamente 20 cm de brita, em seguida uma camada de cerca de 10 cm de areia grossa e por fim uma camada de 10 cm de solo característico do local. É aconselhável também a instalação de tubos de inspeção para que seja possível a verificação de cada camada.

Após esta composição, a área é vegetada com diferentes espécies vegetais, de crescimento rápido e alta demanda por água, como bananeiras ou outras espécies de folhas largas. Outras espécies alimentícias podem ser também cultivadas como mamão e taioba, pois a planta absorve somente a água e os nutrientes, não havendo assim nenhum risco de contaminação dos alimentos. Para proteção do solo é aconselhável cobertura com palha, visto que provavelmente apresentará aspecto úmido e com barro. É importante também a criação de uma borda no entorno do sistema a fim de evitar riscos de transbordamento e contaminação do solo e do lençol freático, porém a intenção é que em seu funcionamento normal toda a água seja absorvida pelas plantas (GALBIATI, 2009). A Figura 19 caracteriza o passo a passo para a construção do sistema. O encanamento do vaso sanitário deve estar diretamente ligado ao centro de pneus do sistema, como na Figura 20.

Figura19. Características do Tanque de Evapotranspiração.

Tanque de Evapotranspiração TEVAP

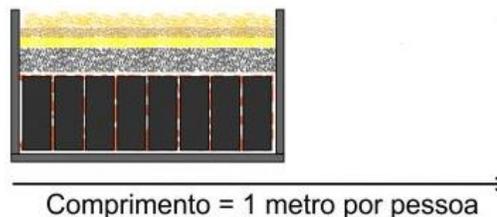
Tratamento de águas negras
Vaso Sanitário



- 1 - Impermeabilização em ferrocimento ou geo-membrana;
- 2 - Entrada do esgoto bruto;
- 3 - Linha de pneus compondo a câmara de digestão anaeróbica;
- 4 - Telhas, tijolos ou entulho grosseiro compondo o filtro anaeróbico (60 cm);
- 5 - Camadas de brita (20 cm) areia (10 cm) e solo (10 cm) recobertos com palha;
- 6 - Saída do excesso de efluente tratado;
- 7 - Dutos de inspeção com acesso às diferentes camadas do filtro
- 8 - O problema vira solução - A água contaminada é transformada em comida.

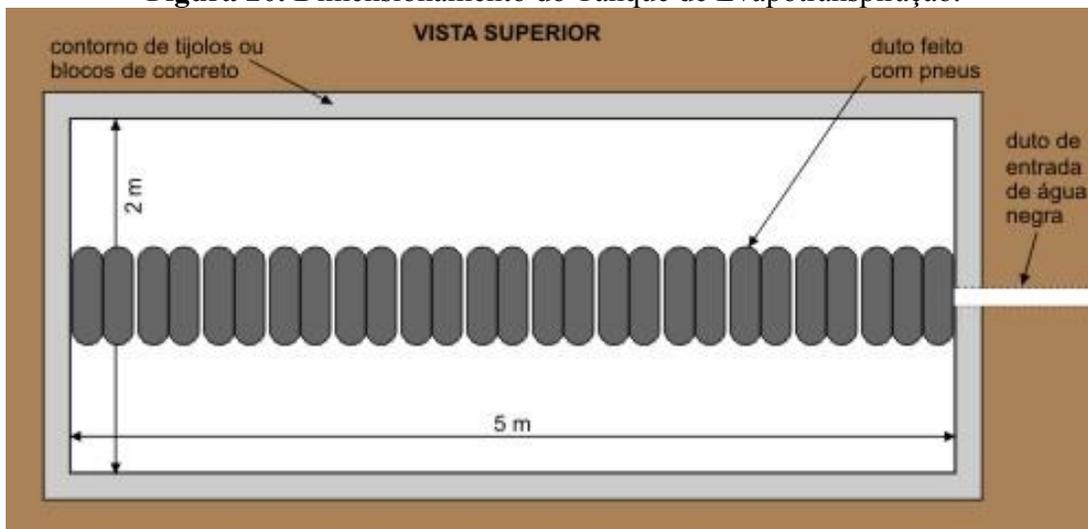
Corte longitudinal

Sistema padrão terá um metro de profundidade, dois metros de largura e comprimento com metragem de número igual ao de usuários.



Fonte: Da Terra Permacultura.

Figura 20. Dimensionamento do Tanque de Evapotranspiração.



Fonte: Da Terra Permacultura.

É aconselhável que somente as denominadas “águas negras” provenientes do vaso sanitário, sejam destinadas ao Tanque de Evapotranspiração, pois o sistema funciona de acordo com a perda de água por evapotranspiração, com risco em relação ao excesso de água, que pode acabar infiltrando no solo e causando contaminações. Esta tecnologia é indicada normalmente para locais mais quentes aonde normalmente as taxas de evapotranspiração superam os índices de pluviosidade (GALBIATI, 2009).

Por ocupar uma área relativamente grande, maior ou quase o dobro que o utilizado por jardins filtrantes e por tratar apenas águas negras é indicado para locais com disponibilidade de espaço. Estes sistemas segundo o Centro Ambiental da Terra (2016) estão mais sujeitos a criação de caminhos referenciais por entre os substratos, e o risco de colmatção, o que pode comprometer a eficiência do tratamento, sendo importante a manutenção quando necessário.

Este sistema possui um baixo valor de implantação pois muitos dos materiais reutilizados, como resíduos da construção civil, assim poucas coisas precisam ser de fato compradas.

3.5.5 Vermifiltro (Vermicompostagem)

A Vermicompostagem quando aliada à degradação bacteriana pode ser utilizada também como forma de tratamento primário ao esgoto. O resultado desta junção é um filtro

biológico de alta eficiência para a remoção destes poluentes, sendo parte das vantagens deste método a facilidade de instalação, o espaço ocupado quando comparado a outras tecnologias, o baixo custo dos materiais e o efluente gerado pode também ser utilizado como água de reuso para irrigação ou outros fins não potáveis. No sistema apresentado, apenas a água negra interagia com as minhocas, as águas cinzas eram destinadas a parte inferior do filtro. A eficiência final do tratamento é de aproximadamente 80% (MADRID, 2016).

Devido à degradação aeróbica do esgoto sanitário, uma comunidade de bactérias se forma no substrato do filtro aonde também se encontram as minhocas, o que proporciona uma degradação mais eficiente da matéria orgânica complexa. No estudo realizado por Madrid (2016), o substrato utilizado foi braquiária seca, porém outros estudos apresentam eficiência semelhante utilizando serragem e terra (SUGIMOTO, 2016).

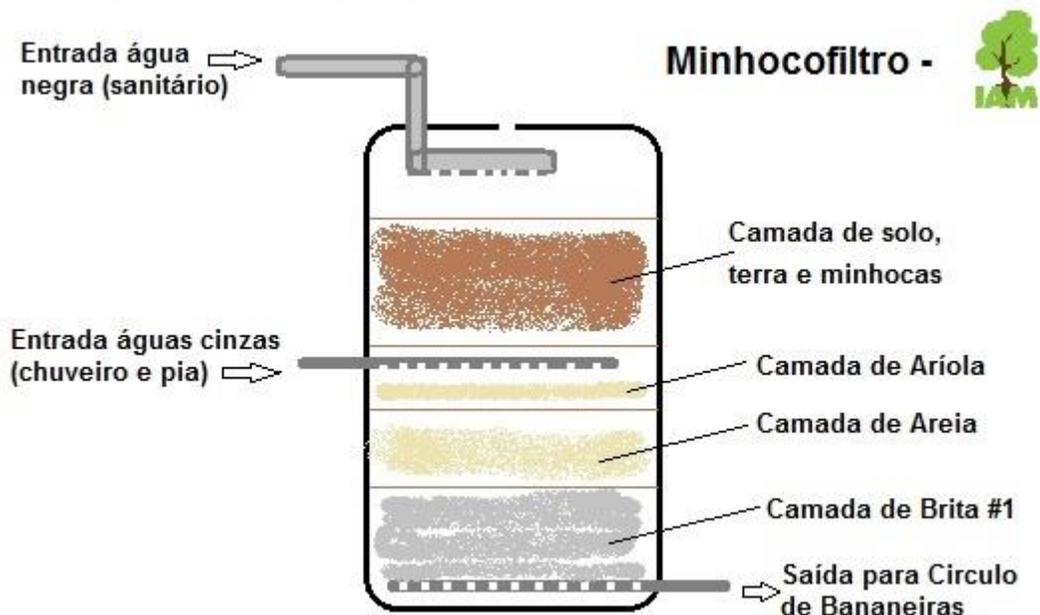
A Vermifiltração se encontra entre as tecnologias de baixo custo para o tratamento de esgoto em pequenas comunidades rurais, o modelo apresentado é simplificado em relação a outros modelos encontrados na literatura, tendo como base os experimentos realizados por Madrid (2016).

Outras experiências foram realizadas, uma em comunidade sem acesso a coleta de esgoto de Niterói - RJ chamada Grota do Surucucu, aliada a uma experiência aplicada no Sítio Sempre Vivo em Pedra Bela - SP, ambas vivências apresentadas e facilitadas pelo Engenheiro Civil e Permacultor Guilherme Castagna em parceria com o Instituto Ambiente em Movimento.

O Vermifiltro (Figura 21) possui um funcionamento semelhante a um filtro por gravidade, sendo sua camada superior semelhante a uma composteira de minhocas, formada por terra adubada, serragem e uma grande quantidade de minhocas vermelhas (aproximadamente 2 litros), para que a parte sólida do esgoto primário que chega ao sistema fique retida e se transforme em composto (húmus) para as plantas (SARTORI, 2010).

Em uma das experiências realizadas a camada inferior é sobreposta com aréola, areia grossa, pedriscos e brita ou entulhos de construção, para realizar a filtragem do efluente final. Ao fim do processo o efluente gerado pode ser utilizado para irrigação de frutíferas ou destinado a um círculo de bananeira (PALERMO, 2016).

Figura 21. Tecnologia implantada na comunidade Grota do Surucucu.

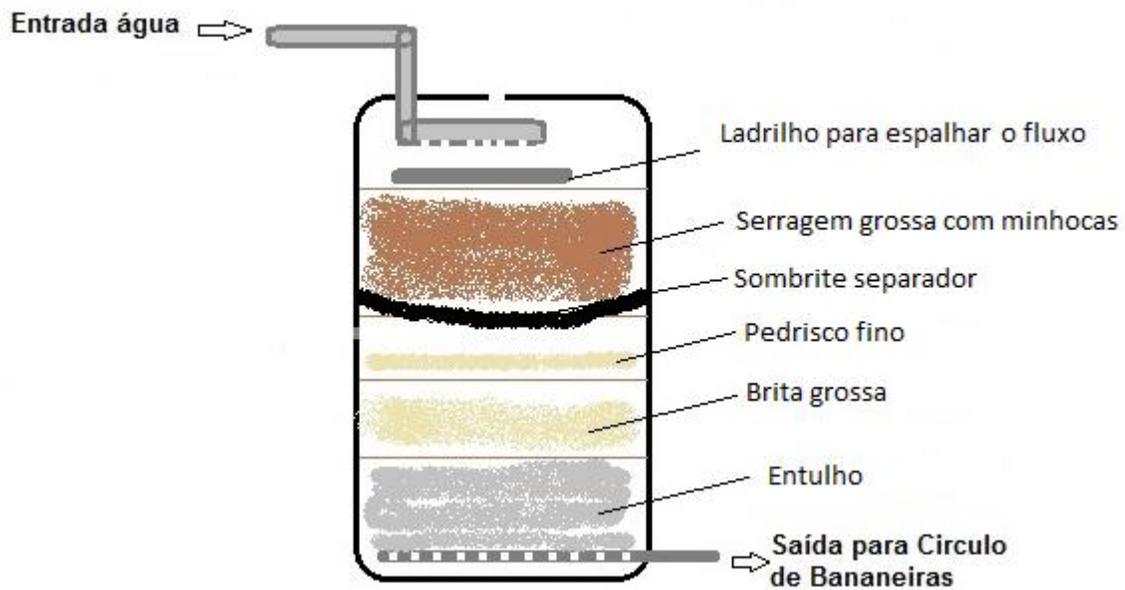


Fonte: Blog Ecomagentegrota.

Caso não seja possível essa espécie de minhocas, podem ser utilizadas as vermelhas mais facilmente encontradas. Para as conexões utiliza-se um redutor de 100/50mm, além de curvas e furos para melhor espalhar a entrada do efluente negro na camada da composteira. O mesmo nos canos de 40mm para a entrada das águas cinzas e saída (50mm) inferior do efluente na camada composta por brita. (PALERMO, 2016).

A Figura 22 apresenta outro Vermifiltro, com tecnologia semelhante, porém com algumas alterações como ao invés de solo, o material utilizado foi a serragem grossa, e entulhos em substituição à camada de brita. Neste modelo também não houve a utilização da areia fina. As duas opções são viáveis e necessitam um complemento final para o tratamento, como o Círculo de Bananeiras. Ambas são apresentadas para que seja possível a escolha de acordo com a disponibilidade dos materiais.

Figura 22. Vermifiltro elaborado no Sítio Sempre Vivo em Pedra Bela - SP.



Fonte: Blog Ecomagentegrota adaptado.

Normalmente o sistema é composto por três camadas, sendo a superior composta por aproximadamente 40 cm de substrato com minhocas (*Eisenia Andrei* de preferência) seguida por um sombrite separador, com a função de auxiliar a retirada do composto. A camada intermediária é composta por 40 cm de pedrisco fino e brita e uma última camada de 20 cm de entulho de construção (Figura 22), para impedir o entupimento do filtro (CASTAGNA, 2017).

Figura 23. Passo a passo para a construção do Vermifiltro Sítio Sempre Vivo – Pedra Bela.



1. Canos de entrada e saída (Circulo de bananeiras no plano de fundo)



2. Meça a altura da base à entrada e distribua as camadas de materiais



3. Primeira camada: Pedras Grandes



4. Segunda Camada: Brita média



5. A telinha serve para facilitar manejo e a retirada do húmus



6. O sombrite deve sobrar para facilitar o manejo



7. Minhoca no seco anda? Umedece aí meu!



8. Adicione substrato com minhocas e misture à serragem molhada



9. Misture o substrato com minhocas na serragem

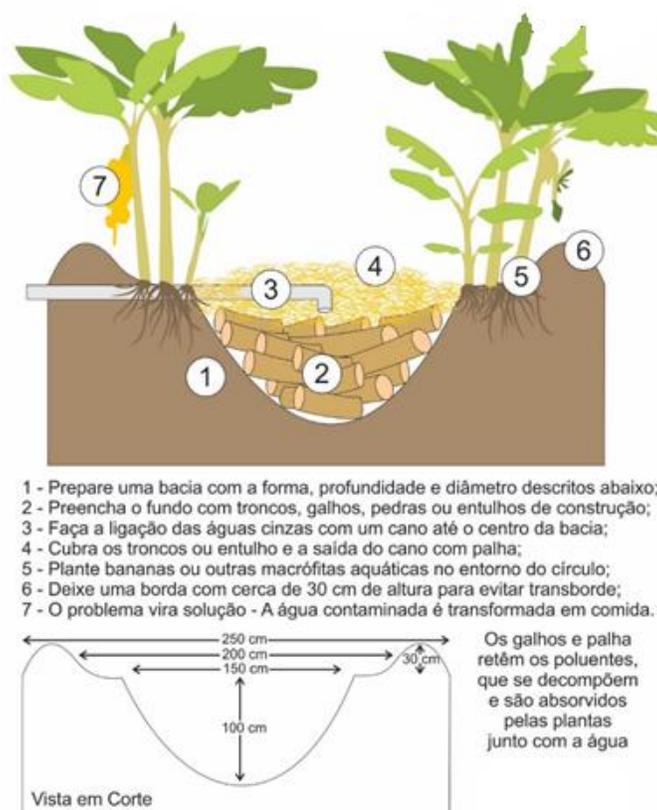


10. Corte o excedente e depois tampe para não juntar bicho (ainda foi uma outra tampa

Fonte: Blog Marcenaria de caçamba, adaptado de Guilherme Castagna.

O Círculo de Bananeiras que receberá o efluente gerado pelo Vermifiltro, deve ser adaptado à inclinação do terreno. Ao centro do círculo deve ser feita uma escavação na forma de meio círculo, que é preenchida por areia, cascas de coco, pedaços de entulho, cascalho, ou troncos para receber o efluente. As águas cinzas, provenientes das pias e chuveiros devem ser conectadas ao centro da bacia construída, e a sua volta deve-se plantar bananeiras. A Figura 24 apresenta de forma mais detalhada o funcionamento do Círculo de Bananeiras.

Figura 24.Círculo de Bananeiras.
Círculo de Bananeiras
 Tratamento de águas cinzas



Fonte:DaTerra Centro Ambiental.

Além da possibilidade de destinar as águas cinzas conforme a Figura 21, também é possível direcionar as mesmas diretamente a um filtro de bananeira.

Segundo estudos realizados na Austrália (SINHA, 2008, 2010) o sistema de Vermifiltro, tem uma grande capacidade para tratar esgotos domésticos (águas negras), com

uma redução chegando de até 90% dos principais parâmetros como DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), porém o experimento realizado por Madrid, chegou a menores índices de eficiência, chegando a 60% de DBO e 80% de DQO(MADRID, 2016).

Além do baixo custo para implementação e manutenção, outras vantagens evidenciadas na literatura foram: a não geração de odores fétidos e lodo, como em fossas sépticas e Estações de Tratamento de Esgoto (E.T.E). Ao invés do lodo gera composto (húmus) que pode ser diretamente aplicado no solo (MADRID, 2016).

3.5.6 Banheiro Seco

As tecnologias de Banheiro Seco são muito diversas, podendo ser móveis ou fixos, mas basicamente se assemelham por fora a um banheiro comum, porém sendo feita a cobertura dos dejetos com serragem. Esta tecnologia não pode ser considerada uma alternativa para tratamento de esgoto, pois o efluente gerado não possui água, mas é viável para tratamento de dejetos humanos em locais em que o acesso a água é escasso. Os dejetos são armazenados em uma câmara, onde passam por processo de compostagem. Assim, ao final do processo o resíduo gerado pode ser usado como adubo (AMATUZI, 2013).

O Banheiro Seco é uma tecnologia que tem sido aplicada em diversos países do mundo como Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália. Por ser uma tecnologia que possibilita a redução do consumo de água e gastos para transporte e tratamento(PORTO; SIMÕES, 2016).No Brasil esta tecnologia ainda é pouco utilizada pela população, sendo uma boa alternativa para as áreas rurais do país, locais aonde muitas vezes o acesso a água é limitado e muito caro (ALVES; 2009).

O processo escolhido consiste basicamente de uma tampa de privada conectada a um suporte e acoplada a um balde (coletor), no qual a cada momento que for utilizado, as fezes e urina devem ser totalmente cobertas com serragem, sendo o volume deste de acordo com a necessidade(Figura 25). Quando o balde estiver preenchido, deverá ser retirado e ter seu conteúdo despejado em um local adequado para que ocorra o processo de compostagem.

Figura 25. Estrutura de Banheiro Seco Operacional.

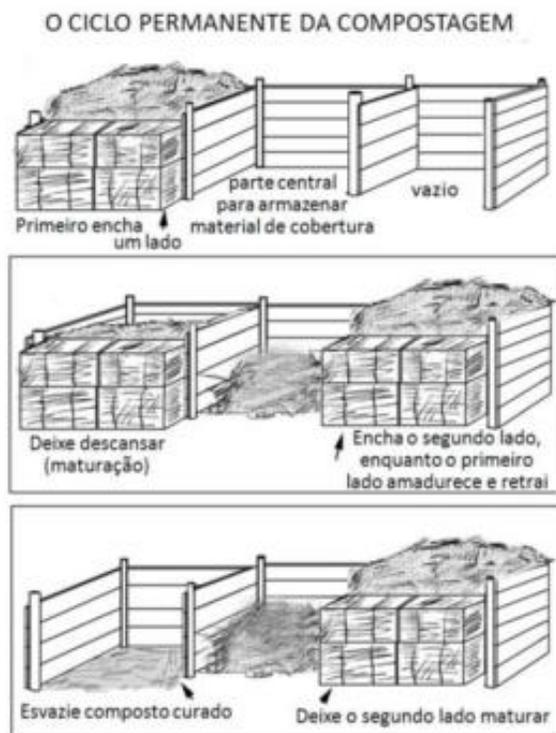


Fonte:PORTO; SIMÕES, 2016

A compostagem ocorre a partir de algum tipo de energia, podendo ser solar, térmica ou qualquer outra que seja acessível e capaz de gerar aquecimento para as bactérias e fungos termófilos, responsáveis por manter a temperatura e pela decomposição do material fecal, aumentando assim a eficiência da compostagem (ALVES, 2015).

O Modelo de alternância de composteiras utilizado é bem simples, podendo ser construído com paletes de madeira ou de plástico (Figura 26). Este formato de composteira é o mais indicado para a função de decomposição dos resíduos do banheiro seco, pois possibilita contato direto com o sol e aeração do sistema.

Figura 26. Modelo de alternância de composteiras.

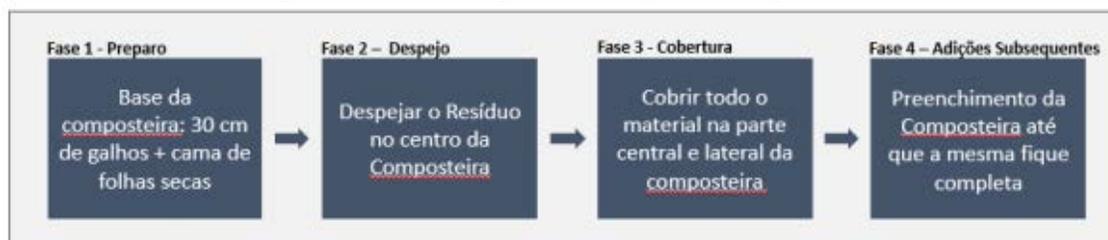


Fonte: JENKINS, 2005.

Para que a composteira cumpra sua função com a devida segurança e máxima eficiência é importante que sejam seguidas as recomendações a respeito do seu uso. Para a construção, deve ser feito um fundo levemente côncavo na primeira câmara e antes do início da adição do composto, deve-se adicionar uma camada grossa de material orgânico absorvente e volumoso, chamado de “esponja biológica”, para que este possa agir como uma barreira que protege o solo de contaminações e absorve os excessos de líquidos. Esta camada pode ser de aproximadamente 45 cm ou mais, e ser formada por palha, feno, aparas de grama, mato e/ou folhas. Existe também a possibilidade da adição de galhos abaixo da “esponja biológica” para facilitar a aeração do sistema (JENKINS, 2005).

Antes de começar a utilizar outra câmara, é necessário que a primeira esteja totalmente completa com composto, para que este possa maturar durante o tempo necessário, que é de aproximadamente 1 ano de total descanso (com início de contagem a partir do momento que a câmara estiver totalmente cheia); (JENKINS, 2005).

Figura 27. Passo a passo manejo da composteira.



Fonte: PORTO; SIMÕES, 2016.

A composteira deve sempre ter como última camada após a disposição dos dejetos uma camada de folhas ou serragem que possa cobrir todo o material depositado (Figura 28) para que não seja um atrativo aos animais e insetos. No momento em que um lado da composteira estiver completo, deve-se passar para outro lado, reiniciando assim o processo (PORTO; SIMÕES, 2016)

Figura 28. Composteira em atividade.



Fonte: PORTO; SIMÕES, 2016.

A compostagem *in loco* possui maior aceitação social, porém no estudo de caso analisado, entre os diversos modelos de banheiro seco, o que possuiu maior garantia da eficiência de tratamento do composto, oferecendo menor risco aos usuários e vantagens nas questões econômicas e de manejo foi o modelo operacional, conforme Quadro 2 (PORTO; SIMÕES, 2016).

Quadro 2. Análise comparativa.

Aspectos	Formatos	
	<i>In Loco</i>	Operacional
Positivos	Similaridade com Modelo Hidráulico	Ausência de Odor
		Eliminação de Patógenos
		Simplicidade Tecnológica
		Baixo Custo
Negativos	Odor Desagradável	Necessidade de Operação
	Possível Permanência de Patógenos	Aversão à Retenção dos Dejetos
	Custo Elevado	Desconfiança dos Processos

Fonte: PORTO; SIMÕES, 2016.

O modelo operacional apresentado sugeriu que para que o composto atingisse temperaturas mais elevadas, para efetiva eliminação dos patógenos, juntamente com o composto dos banheiros fossem adicionados os resíduos orgânicos provenientes da cozinha, como cascas de frutas e verduras. No caso de se optar por agregar os dois tipos de resíduos, recomenda-se adição de matéria orgânica seca na proporção de 1:1:3 (Dejetos Humanos + Resíduos Orgânicos + Matéria orgânica seca). Podendo a matéria orgânica seca ser folhas ou serragem. E no momento da lavagem do balde utilizado, esta água pode também ser jogada na composteira (PORTO; SIMÕES, 2016). O modelo de banheiro foi baseado no modelo do Humanure Handbook (JENKINS, 2005), podendo haver uma adaptação das medidas em relação aos materiais encontrados. Existem ainda modelos mais baratos, feitos com a reutilização de materiais (Figura 29).

Figura 29. Banheiro Seco Operacional construído com caixote de plástico.



Fonte: AMATUZI; BOTEGA; CELANTE, 2013.

A recomendação de uso do composto é após cerca de 9 meses até 2 anos, garantindo assim que todos os patógenos não estejam mais presentes no produto obtido (JENKINS, 2005).

Um fator que valida a escolha do modelo apresentado é a existência de dois projetos em atividade desenvolvidos pelo MUDA (UFRJ) e pela ONG GiveLove (Haiti). Ambos fornecem informações detalhadas sobre o uso deste tipo de Banheiro seco até mesmo em grande escala, como no caso de comunidades, aonde a manutenção da composteira pode ser revezada ou tornar um foco de geração de emprego e renda (PORTO; SIMÕES, 2016).

Este exemplo por partir de ações reais, poderia ser aplicado em grande escala às moradias localizadas em áreas marginais e ocupações irregulares pois, quando manejado de forma correta, possibilita que muitas pessoas tenham acesso a um banheiro e destinação adequada para as fezes.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos deste estudo foi realizado o levantamento de informações entre 2017 e 2018 por meio de: revisão e da sistematização bibliográfica de trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, artigos científicos, notícias, cartilhas de tecnologias sociais, sites da internet e livros sobre experiências de tecnologias de baixo custo utilizadas no tratamento de esgoto em zona rural, eficiências de tratamento e materiais utilizados para sua construção. As tecnologias analisadas foram Fossa Séptica Biodigestora, Alagados Construídos (*Wetlands*), Tanque de Evapotranspiração, Vermifiltro (Vermicompostagem), Fossas Sépticas Econômicas e Banheiro Seco.

Também foram levantados dados sobre a situação do saneamento rural e seus impactos, em especial relacionados ao tratamento do esgoto atualmente no Brasil.

A análise comparativa dos custos para a construção de cada tecnologia foi feita através da coleta dos materiais necessários para o desenvolvimento de cada sistema. Após a organização dos materiais necessários, verificou-se o valor dos materiais na Loja Machado de Assis – Materiais para Construção, localizada próxima ao centro da cidade de São Paulo (SP), com o intuito de comparar o valor para execução e a eficiência atingida por cada tecnologia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão bibliográfica realizada e tendo em vista o objetivo de sistematizar as informações sobre tecnologias alternativas de baixo custo para tratamento de esgoto em áreas rurais que não possuem rede coletora, foram sistematizadas as vantagens e desvantagens de cada sistema apresentadas nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7 e descritos os materiais utilizados para a construção de cada um nas Tabelas 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14. O custo para a construção de cada sistema e eficiência de tratamento encontrados são apresentados no Quadro 3.

As Tabelas 2, 3, 4, 5, 6, 7 apresentam as vantagens e desvantagens encontradas para cada sistema.

Tabela 2. Vantagens e desvantagens da Fossa Séptica Biodigestora.

FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Durabilidade • Fácil manutenção • Geração de biofertilizante • Maior eficiência • Livre de patógenos • Atende até 5 pessoas • Não gera odores 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de outra tecnologia para as águas cinzas (pias e chuveiro) • Manutenção mensal com esterco bovino fresco • Há necessidade de Vala de Infiltração • Possuir área para aplicação do efluente

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 3. Vantagens e desvantagens da Fossa Séptica Econômica.

FOSSA SÉPTICA ECONÔMICA	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Baixo valor • Boa eficiência • Simples instalação • Atende até 5 pessoas • Geração de biofertilizante • Recebe todos os efluentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção de lodo • Requer a retirada do lodo • Risco de colmatação da vala • Menor eficiência em relação a Fossa Séptica Biodigestora • Necessidade de Vala de Infiltração ou Sumidouro

Fonte: Autora 2018

Tabela 4. Vantagens e desvantagens do Sistema Alagados Construídos (*Wetlands-Zona de Raízes*).

ALAGADOS CONSTRUÍDOS (WETLANDS-ZONA DE RAÍZES)	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento eficiente • Não necessita constante manutenção • Não produz lodo • Não atrai vetores • Atende até 5 pessoas • Produção de biofertilizante • Beleza paisagística 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de colmatção • Necessita de maior área do que alguns processos convencionais de tratamento • Em locais com clima frio podem ocorrer reduções nas taxas de remoção de poluentes • Existe a necessidade de um tratamento prévio.

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 5. Vantagens e desvantagens do Tanque de Evapotranspiração.

TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Reutilização de resíduos da construção • Possibilidade de produção de alimentos • Não gera efluente • Não há necessidade de pós tratamento. • Atende até 5 pessoas • Beleza paisagística 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de colmatção • Muito dispendioso, necessita manejo • Difícil caracterizar sua eficiência • Risco do transbordo • Necessário local com incidência solar • Necessária a construção de outra tecnologia para as águas cinzas

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 6. Vantagens e desvantagens da Vermicompostagem (Vermifiltro).

VERMICOMPOSTAGEM (Vermifiltro)	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Não gera odores • Não gera lodo • Gera húmus – fertilizante natural • Facilidade para instalação • Não requer muito espaço • Efluente gerado pode ser reutilizado para irrigação • Atende até 5 pessoas 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de um tratamento posterior ao efluente – Círculo de Bananeiras

Fonte: Autora, 2018.

Tabela 7. Vantagens e desvantagens do Banheiro Seco.

BANHEIRO SECO MÓVEL	
Vantagens	Desvantagens
<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de reuso do composto como adubo • Indicado para áreas sem abastecimento de água, regiões áridas e do semiárido • Necessita manejo periódico • Baixo custo de operação • Alternativa para quem não possui rede de abastecimento de água em casa e nem vaso sanitário • Existe a possibilidade de compostar junto com restos de alimentos 	<ul style="list-style-type: none"> • Cheiro forte • Aceitabilidade por parte da população • Ecofobia • Requer trabalho constante. • Risco de contaminação com o manejo • Manutenção periódica • Tempo de maturação do composto chega a 1 ano, e até 2 anos se for em área de risco com população infectada. • Necessidade de área para construção de uma composteira • Risco de juntar vetores como moscas, baratas e ratos • Não há garantias em relação ao

composto final

- Necessidade de instruir com clareza a população sobre o funcionamento do processo
- Necessita constantemente de serragem e folhas secas

Fonte: Autora, 2018.

O Quadro 3 apresenta uma síntese em relação às eficiências encontradas para cada sistema e o valor de construção cotados de acordo com os materiais citados anteriormente. As tabelas com os valores exatos de cada material estão descritas nas Tabelas em anexo.

Quadro 3 . Comparação dos parâmetros de eficiência e valor para construção das diferentes tecnologias para tratamento de esgoto em Área Rural.

	DBO	DQO	Coliformes Termotolerantes	Fósforo total	Valor para construção	Quantidade de pessoas atendidas
Fossa Séptica Biodigestora (Embrapa, 2016)	87,1%	74,3%	99,80%	.....	R\$1.459,30	5 pessoas
Fossa Séptica Econômica (Costa, 2013) (Postigo,M.D.et al, 2017)	80%; 47,61%		80%	.....	R\$774,07	5 pessoas
Alagados Construídos (Wetlands) (SILVA et al., 2007).	81,2%		99,2%	60,0%	R\$ 1030,42	5 pessoas
Tanque de Evapotranspiração	.....	.....	.....	.....	R\$724,52	5 pessoas
Vermifiltro (Madrid,2016)	90%	80%	80%	.....	V1 R\$ 256,83 V2 R\$ 302,80	4 pessoas
Banheiro Seco.	.....	.....	.....	.....	R\$ 193,30	4 ou 5 pessoas

Fonte: Autora, 2018

5.1 Análise comparativa em diferentes aspectos

Foram encontrados diferentes valores na literatura para a eficiência de cada método em relação aos parâmetros analisados, assim foram escolhidos os que mais se aproximavam das condições propostas neste trabalho. É importante ressaltar que todas as tecnologias analisadas buscam a não contaminação do solo e da água.

5.1.1 Fossa Séptica Biodigestora

A Fossa Séptica Biodigestora possui maior eficiência em relação a remoção de patógenos e segurança em relação às outras tecnologias. Porém, o valor para implementação é o mais alto e é indicada para áreas que possuam acesso a um banheiro com vaso sanitário e água encanada.

Foram encontrados diferentes dados em relação a sua eficiência, porém a Embrapa (2016) garante eficiência maior que 95% em relação a remoção dos patógenos. É indicado também que o efluente gerado pode ser disposto diretamente no solo ou seu reuso para irrigação de árvores e o sistema em funcionamento saudável não gera odores (SILVA, 2013).

Esta tecnologia gera uma boa quantidade de biofertilizante. Em uma casa com 5 pessoas são gerados em torno de 90L por dia, segundo a Embrapa, este fator traz a necessidade de um local adequado para sua disposição, como pomares e árvores.

Uma desvantagem é que, para garantir sua eficiência, o sistema recebe apenas águas negras oriundas do vaso sanitário, então é necessária a construção de outro sistema para destinar as águas cinzas e a eficiência do sistema também está diretamente relacionada à adição mensal da mistura de esterco fresco com água, portanto é indicada para locais que tenham acesso a este material.

Por possuir maior valor para sua instalação, esta tecnologia não se torna acessível à muitos moradores de áreas rurais.

Muitas pessoas residem atualmente em locais sem acesso a água canalizada e de fontes seguras. Na região Norte do país, apenas 38,1% da população rural tem acesso a água dentro de suas casas. Sendo assim, grande parte delas nos dias de hoje ainda não possuem sequer banheiro. (FUNASA, 2018)

O simples fato de não haver acesso a água potável afeta principalmente as mulheres e as crianças, que não possuem locais seguros e com privacidade para realizar suas necessidades, ficando expostas em muitas regiões às situações de violência e falta de privacidade. As conseqüências deste descaso são muitas, pois além dos riscos físicos e de exposição as doenças, muitas vezes são as mulheres as responsáveis por buscar água para realizar as tarefas do lar e ficam sem tempo para buscar por outras fontes de renda, se tornando extremamente dependentes de seus maridos.

Para a construção da Fossa Séptica Biodigestora- Modelo Embrapa são utilizados os seguintes materiais descritos na Tabela 8. Contudo, estes devem ser adaptados de acordo com as características do terreno e distância entre o banheiro e a Fossa Séptica Biodigestora a ser construída. Os materiais descritos na Tabela 8 são baseados para a construção da Fossa Séptica Biodigestora que atende a 5 pessoas.

Tabela8. Materiais para construção de Fossa Séptica Biodigestora para 5 pessoas.

Materiais para construção de Fossa Séptica Biodigestora

3 Caixas d'água - 1000L (de cimento amianto ou Polietileno)
6 metros de Tubo de PVC - 100mm para esgoto
1 peça de válvula de retenção de PVC - 100mm
4 peças de curva 90° longa de PVC - 100mm
3 peças de Luva de PVC -100mm
2 peças de Tê de inspeção PVC - 100mm
10 peças de O'ring - 100mm
2 metros Tubo de PVC soldável - 12mm
2 peças Cap de PVC soldável - 25mm
2 peças flange de PVC soldável - 25mm
2 peças flange de PVC soldável - 50mm
1 metro tubo de PVC soldável - 50mm
1 peça Registro de esfera de PVC - 50mm
2 tubos de cola de silicone - 300g
25 metros Borracha de vedação- 15x15mm (podendo ser também 9 câmaras de pneu de bicicleta, carro ou moto, usadas)
1 tubo de pasta lubrificante para juntas elásticas em PVC rígido – 400g
1 tubo Adesivo para PVC - 100g
1 Litro Neutrol - Para pintar as tampas e caixas externamente para evitar a corrosão provocada pelo solo.

Fonte: EMBRAPA, 2004.

5.1.2 Fossas Séptica Econômica

A Fossa Séptica Econômica é uma tecnologia que foi implementada pela prefeitura de Caratinga (MG), ao perceber que o programa para tratamento de esgoto não era bem aceito pelos produtores locais por conta do alto custo dos materiais utilizados. Assim, após implementação desta nova tecnologia a adesão ao programa foi muito maior, comprovando a importância de se pensar políticas públicas atentas à realidade local. Os valores da Fossa Séptica Econômica (R\$774,07) são bem menores quando comparados à Fossa Séptica Biodigestora (R\$1.459,30), pois as bombonas utilizadas são mais baratas. Pode haver também a possibilidade de reutilizá-las e não ter o gasto com este material das bombonas. O valor calculado leva em consideração a construção da Vala de Infiltração.

Além de ser um tratamento que não permite a proliferação de vetores por ser fechado, é possível reaproveitar o local aonde ela é instalada para o cultivo de alimentos, pois ela ocupa pouco espaço e não requer manutenção constante, como no caso da Fossa Séptica Biodigestora com relação a adição do esterco fresco. A manutenção se dá apenas em longos períodos. Segundo Costa (2013) após aproximadamente 7 anos deve ocorrer a manutenção, por conta da produção do lodo, que tem como destino mais comum os aterros sanitários.

O sistema possui um potencial para tratar até 80% dos resíduos orgânicos e patógenos (COSTA, 2013). No entanto, através do estudo realizado por POSTIGO et al., 2017 com 60 dias de uso ainda havia presença de patógenos e sua eficiência em relação a DBO era de 47,61%. Tais resultados alcançados podem ter tido a interferência de um período de experimentação que talvez não fosse o suficiente para o desenvolvimento das bactérias anaeróbias ou pela análise ter sido feita na terceira bombona sem considerar o tratamento posterior realizado pela Vala de Infiltração e pelo próprio solo (POSTIGO et al., 2017).

Assim são necessários outros estudos para confirmar dados mais exatos em relação a sua eficiência. Porém, com os dados existentes é possível afirmar os benefícios trazidos pelo seu uso em áreas antes atendidas apenas por fossas negras ou sépticas, como a diminuição da poluição das águas e do solo, e consequentemente o risco de contaminação por doenças.

É importante ressaltar que no estudo de caso apresentado em Caratinga, a Fossa Séptica Econômica possuiu uma boa aceitação por parte da população, porém esta foi excluída do processo de montagem, arcando apenas com os valores da compra dos

materiais e preparação do terreno. Este tipo de ação acaba por desempoderar a população em relação as tecnologias sociais, não incentivando sua autonomia. Por outro lado, esta medida também surge como uma forma de desonerar e desresponsabilizar a prefeitura em relação a sua função de promover acesso ao saneamento básico para todos (COSTA, 2013).

Em muitas situações a população não participa como agente de transformação das mudanças ao seu redor, se tornando alheia as causas dos problemas vivenciados em suas comunidades e se expondo à diversos riscos sem que tenham consciência. Para que haja transformações em grande escala é necessário maior conhecimento das causas e efeitos que a falta de saneamento traz.

Este tema, porém, é ainda pouco discutido, não é percebido na sua integralidade a importância do saneamento e pouco se fala sobre as reais conseqüências da falta de tratamento de esgoto. Existe uma necessidade de mobilização social em torno deste tema. Antes da existência do Instituto Trata Brasil, muitas informações sobre a realidade do saneamento não existiam.

Para que a verba destinada ao tratamento de esgoto seja disponibilizada aos municípios, é necessário o preenchimento de alguns requisitos formais como um Plano de Saneamento. Porém, muitas vezes por descaso e falta de pessoas capacitadas, tais projetos são adiados e as conseqüências deste abandono vão tomando cada vez maiores proporções. Os gastos absurdos na área da saúde poderiam ser evitados se este dinheiro fosse investido nas causas e não apenas nas conseqüências. O ideal seria que as pessoas não ficassem doentes devido à problemas da falta de saneamento (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Para a construção da Fossa Séptica Econômica são necessários os materiais descritos na Tabela 9, suprimindo a necessidade de uma família de 5 pessoas.

Tabela 9. Materiais para construção de Fossa Séptica Econômica para 5 pessoas.

Materiais para construção de Fossa Séptica Econômica

03 Bombonas de 200L (com tampa preta de rosca) - podem ser novas ou reutilizadas caso esteja em boas condições.

03 metros de tubo de PVC - 100mm

01 joelho de PVC de - 100mm

03 têes de PVC de - 100mm

01 tubo de silicone de - 280ml

01 falange de PVC de - 40mm

03 metros de tubo de PVC de - 40mm

02 joelhos de PVC de - 40mm

0,5 m³ de brita - n° 03

Vala de Inspeção:

06 metros de cano de PVC 100mm

Brita suficiente forrar e encobrir a vala.

Plantas (Capim, Bananeira ou outra)

Fonte: Prefeitura de Caratinga.

5.1.3 Alagados Construídos (*Wetlands*)

O sistema “Alagados Construídos” é indicado para as pessoas que possuem uma fossa séptica instalada em suas propriedades, caso não haja fossa na propriedade é necessário construí-la, podendo também ser desenvolvida com bombonas de plástico (200L a 220L).

Analisando os resultados encontrados o sistema Alagados Construídos possui índices de remoção de patógenos com 99,2% de eficiência de remoção de coliforme fecais e 81,2% de remoção de DBO e cargas orgânicas, podendo ser comparados com tecnologias mais caras de tratamento de esgoto(SILVA et al., 2017).

A eficiência do sistema aumenta com o passar do tempo, que favorece a proliferação dos microrganismos presentes no Alagados e Construídos. Outra vantagem é que não há produção de lodo e o efluente gerado pode voltar diretamente ao solo (PITALUGA, 2011).

A tecnologia em questão possui uma simples configuração e é construída com materiais facilmente encontrados em lojas de materiais para construção. Também podem ser substituídos por outros de menor custo, como a substituição de pedras grossas por entulhos de construção por exemplo, reduzindo assim seu custo de implantação.

É importante ressaltar que os valores adotados como parâmetro para comparação por SILVA et al. (2017) foram realizados em um experimento de pequenas proporções, para apenas 2 pessoas. Porém foram seguidas indicações da literatura muito semelhantes por LEMES et al. (2008), para a construção do Alagados Construídos apresentada, como a área sugerida por pessoa, possibilitando sua aplicação para uma família de 5 pessoas.

A construção do sistema pode necessitar do auxílio de mão de obra, por ser uma grande escavação no solo. Uma vantagem a ser considerada é que não há necessidade de manutenção constante, porém existe o risco de colmatação do sistema.

Mesmo não havendo a necessidade de constante manutenção o sistema requer um manejo adequado. Devido aos índices superiores de matéria orgânica presentes no efluente as plantas tendem a se desenvolver mais rapidamente. Caso não haja esta atenção ocorre o risco de acontecer um desequilíbrio do sistema vivo ali desenvolvido, podendo atrair outros animais ou a redução da eficiência de tratamento. Não é recomendado o uso de produtos de limpeza sanitizantes, pois poderiam destruir o equilíbrio biológico ali criado, que é justamente o responsável pelo funcionamento do sistema.

A Tabela 10 apresenta os materiais utilizados para a construção do estudo de caso apresentado.

Tabela 10. Materiais utilizados para construção do sistema Zona de Raízes para 5 pessoas
Materiais para a construção do sistema Zona de Raízes

40 metros de Tubo de PVC - 75mm (por conta da distância da fossa séptica até o Sistema Zona de Raízes, porém dentro do sistema foram utilizados 10m)
5 joelhos de 90° - 75mm
3 Tês - 75 mm
1 Redução de - 100 para 75 mm
4 Tampões - 75 mm
3 m ³ - Areia média
3,5 m ³ - Brita nº 02
2 dias de Mão de obra específica (se necessário)
105 m ² Lona plástica preta (caso o sistema seja impermeabilizado com lona)
16 mudas de Plantas para zona de Raízes (doadas)

Fonte: LEMES et al., 2008.

5.1.4 Tanque de Evapotranspiração

O Tanque de Evapotranspiração é uma tecnologia que normalmente não libera efluentes por conta da alta capacidade de evapotranspiração das plantas utilizadas na sua construção (PAMPLONA; VENTURI, 2004). Sendo assim, não é possível aplicar o mesmo conceito de eficiência aplicado às outras tecnologias.

Ainda que eventualmente por conta de transbordos ocorra a formação de efluente, este deve ser manejado para uma vala de infiltração ou Círculo de Bananeiras por não

possuir parâmetros totalmente seguros em relação à presença de coliformes termotolerantes (GALBIATI,2009).

Segundo Galbiati (2009), comparando o efluente dentro do tanque e fora, ocorrem alterações mais significativas em relação à remoção de sólidos suspensos totais, turbidez e aos níveis de DBO e DQO, caracterizadas pela passagem do efluente por uma camada de areia. Contudo, são necessários outros experimentos para determinação de seus índices de eficiência.

Uma vantagem do sistema é o baixo custo, quando comparado aos outros sistemas como Alagados Construídos e Fossa Séptica Biodigestora. A não necessidade de um direcionamento para o efluente resultante do tratamento também pode ser uma vantagem, possibilitando a utilização em residências com pequenos jardins. Porém, é necessária a incidência dos raios solares para que as plantas possam atingir os níveis necessários de evapotranspiração e a construção de alternativas para tratar as águas cinzas provenientes de pias e chuveiros que não são direcionadas ao Tanque.

Para a construção também é possível a reutilização de muitos materiais e resíduos da construção civil, alcançando menores custos de implantação do que sistemas convencionais como a Fossa Séptica e Sumidouro. Existe também a possibilidade da produção de alimentos no sistema, como banana, mamão e até algumas folhagens como taioba, sendo recomendada a higienização das folhas antes do consumo(GALBIATI, 2009).

É necessário a construção de um limite de segurança para o risco de acontecer o transbordamento mesmo que não seja muito comum sua ocorrência, pois possui graves conseqüências como contaminação do solo e do lençol freático(GALBIATI, 2009).

Segundo Vieira (2010), existe também o risco de colmatação do sistema pelos agregados miúdos, o que seria uma das causas para a ocorrência do transbordo (VIEIRA; FERREIRA, 2016).

Para a construção de um Tanque de Evapotranspiração para uma família de 5 pessoas são necessários os materiais citados na Tabela 11.

Tabela 11. Materiais utilizados para a construção de um Tanque de Evapotranspiração para 5 pessoas.

Materiais para a construção de um Tanque de Evapotranspiração
4 pc / 50kg Cimentos (para impermeabilização)
1 m ³ areia
1 m ³ brita (cascalho)
3 m ³ Entulho (diversos)
20 Pneus
15 mx1,5 m Tela de galinheiro
6 metros Cano PVC 100mm
1 unidade Joelho PVC 100mm
Tijolos

Fonte: SILVA; SANTOS, 2017.

5.1.5 Vermifiltro (Vermicompostagem)

A Vermifiltração é uma tecnologia que não necessita de muito espaço, é de simples construção, não havendo a necessidade de muitos materiais e possui uma boa eficiência em relação à redução da quantidade de patógenos, DBO e DQO, porém havendo ainda a necessidade de um tratamento posterior como um Círculo de Bananeiras.

Entre as vantagens do Vermifiltro também está o fato de não gerar odores e nem lodo, o resíduo produzido é Húmus de minhoca, que pode ser utilizado para adubar árvores. Caso o adubo não tenha uma função, esta pode se tornar uma desvantagem do sistema.

As minhocas possuem uma alta taxa de reprodução, logo não há necessidade de reposição destas e praticamente toda a matéria orgânica é decomposta e transformada em húmus.

Em relação aos estudos analisados, Madrid (2016) cita valores alcançados na literatura mais altos do que os atingidos em seu experimento, comprovando a potencialidade do sistema para eficiência de até 90% em relação a DBO e DQO, porém nos experimentos realizados os valores encontrados foram de 60% e 80% respectivamente.

A menor eficiência foi atrelada à possibilidade de a braquiária seca utilizada na compostagem não ter sido uma alternativa tão eficaz quanto o uso da serragem.

Este sistema foi aplicado tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas, como no caso da Comunidade da Grota, por não necessitar de muito espaço, ser eficiente na remoção

dos índices contaminantes e de riscos à saúde, ser de fácil instalação e baixo custo. Quando comparado às outras tecnologias, é o mais vantajoso nas questões eficiência, custo e manutenção.

Foram analisados os valores para construção de 2 modelos similares, que podem ser escolhidos de acordo com a disponibilidade dos materiais existentes no local. Nesta avaliação não foi incluso o custo para a construção do Circulo de Bananeiras, que é praticamente nulo, e os valores não ultrapassaram 350 reais, contando com a possibilidade de gastos extras. Para a construção do sistema Vermifiltro (como o da Grota do Surucucu) para uma família de 4 pessoas são utilizados os materiais descritos na Tabela 12.

Tabela 12. Materiais utilizados para a construção de um Sistema Vermifiltro.
Materiais para um Sistema Vermifiltro

01 bombona (200L)

10 sacos de brita (90kg)

3 sacos de aréola

3 sacos de areia (60kg)

Canos de acordo com a distância necessária;

Redutor de 100/50mm

1 Conexão Tê

Serragem

1 a 2 Litros de Minhocas vermelhas africanas.

Fonte: Blog Ecomagentegrota.

Para a construção do Vermifiltro Sítio Sempre Vivo – Pedra Bela – SP para uma família de 4 pessoas foram utilizados os seguintes materiais (Tabela 13), que na literatura não foram especificados em relação a quantidades exatas, usando como forma de medida a própria altura da Bombona.

Tabela 13. Materiais para construção do Vermifiltro Sítio Sempre Vivo – Pedra Bela – SP.
Materiais para a construção do Vermifiltro

1 Bombona Plástica 200 Litros
Adaptador Flange de 10cm
Adaptador flange 5 cm
Pedras Grandes ou Entulho (suficiente para preencher 10 cm da Bombona)
Pedras Médias , brita e pedrisco (de maneira que sobre 45 cm até o topo)
1 conexão Tê
Serragem grossa
Minhocas
Sombrite
Canos de acordo coma medida necessária.

Fonte: Blog Marcenaria de caçamba.

5.1.6 Banheiro Seco

Em relação ao Banheiro Seco existe uma menor confiança em relação aos parâmetros analisados. Não foram encontrados valores exatos para análise da segurança do composto em relação a presença de patógenos, apenas diferentes referencias de tempo, com espaço de 6 meses a 2 anos para maturação do composto. Para Jenkins (2005), o tempo confiável para que a decomposição total aconteça é de 1 ano e em casos de populações contaminadas por infecções, este prazo de estende para 2 anos. Sendo assim uma das grandes desvantagens para utilização do Banheiro Seco é o longo período de tempo, para que o composto possa ser de fato utilizado e a área utilizada para compostar.

O Banheiro Seco escolhido, necessita menor quantidade de materiais para sua construção, se trata de um Banheiro Seco Operacional. Porém, existe a constante necessidade de manutenção, pois quando o balde está cheio é preciso esvaziá-lo na composteira.

Os valores apresentados, levam em consideração apenas a estrutura do vaso sanitário em si e a compra de paletes para a construção da composteira, porém estes são conseguidos de forma gratuita em muitos lugares, reduzindo assim a quase pela metade o valor de custo calculado. Deve-se considerar que a família possua a estrutura física de um banheiro em sua casa e um local para onde possa ser destinado o composto. Não é recomendado que este fique exposto a chuvas constantes. Sendo assim é importante um material que possa cobrir

a composteira, como uma lona, ou mesmo uma telha de plástico grande e que o manejo seja feito de forma adequada para evitar o risco de contaminações.

Não foi calculado o valor para a construção de um banheiro completo, porém é salientada a importância, dignidade e a privacidade que ele proporciona. Muitas mulheres sofrem violências, medo e invasão de sua privacidade por morar em locais sem banheiro, pois são elas e as crianças as mais afetadas nestas situações(SILVA, B. B. 2017). O Banheiro Seco Operacional pode ser adaptado a qualquer realidade, existem outros formatos mais complexos que também podem ser construídos por um baixo custo, porém sem a mesma garantia de eficiência e segurança em relação aos patógenos e a simplicidade do manejo, por mais que o modelo apresentado seja mais trabalhoso de operar.

Segundo dados da UNICEF (2014), mais de 400 mil crianças não possuíam acesso a banheiros nas escolas e esta é uma realidade comum nas regiões do semiárido brasileiro. Por não haver necessidade de encanamentos e nem da utilização de água que muitas vezes é precária nestas regiões, o Banheiro Seco pode ser uma boa alternativa.

Atualmente existe ainda baixa aceitação e pouco conhecimento técnico a respeito da reciclagem dos rejeitos humanos, além da necessidade de vencer o lobby das grandes corporações líderes na produção de fertilizantes artificiais para agricultura (JENKINS, 2005).

Considerando uma família de 4 pessoas, poucos materiais são utilizados para construção de um Banheiro Seco, como descrito na Tabela 14.

Tabela 14. Materiais para a construção de um Banheiro Seco para 5 pessoas.

Materiais para a construção de um Banheiro Seco

Paletes para a construção da composteira

3 baldes

Madeira para construção da caixa, ou reutilização de algum material

Serragem

Enxada ou garfo para manusear

Tampa de privada

Materiais para a construção do ambiente em si, caso necessário.

Fonte: JENKINS, 2005.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise e comparação das tecnologias é possível confirmar que existem diversas alternativas com custo reduzido, construção simplificada e boa eficiência, para o tratamento do esgoto de forma descentralizada em áreas rurais.

A revisão de literatura traz a magnitude dos impactos causados pela falta de saneamento em relação a esta população que vive no campo, especialmente as crianças, trazendo um panorama também dos imensos benefícios que a sociedade como um todo tem a ganhar ao dar a devida atenção a este tema.

É possível perceber que existem algumas políticas públicas voltadas a universalização do saneamento básico, porém o despreparo de governantes de órgãos municipais contribui para que esta verba não seja repassada aos seus municípios. Acabam por dar preferência à outras ações, que normalmente cuidam dos efeitos dos problemas e não das causas destes, indo em busca de remediar situações ao invés de incentivar a prevenção para que estas não ocorram, como nos casos apontados em relação aos gastos com a saúde pública.

Para o efetivo desenvolvimento da nação é necessário que todos os seres tenham acesso as condições básicas para que possam alcançar plenamente suas capacidades de desenvolvimento, em todas as áreas de suas vidas. Como foi discutido e já é sabido há muito tempo, segundo dados da UNICEF (2005) as crianças que estão expostas as condições precárias de saneamento possuem um rendimento escolar 18% menor do que as outras, mostrando claramente que nem todos possuem as mesmas chances de alcançar suas potencialidades e se desenvolver.

Para que haja desenvolvimento nas áreas de saúde e educação é necessário comprometimento com a cura das causas dos problemas socioambientais e não apenas com a remediação de seus efeitos.

Além disso acredita-se na autonomia dos agricultores em relação ao tratamento do seu próprio esgoto e de outras demandas diárias, buscando que não mais dependam exclusivamente da boa vontade, verba e acordos governamentais para que a população tenha acesso aos cuidados básicos. O cuidado com o esgoto é também um incentivo ao auto-cuidado, um resgate a auto estima, pois é imprescindível que todos os seres humanos tenham acesso aos cuidados básicos de saúde, para que possam se desenvolver com dignidade.

Para que as políticas sejam efetivas em relação ao saneamento é necessária uma conscientização coletiva por parte de toda população sobre as consequências sociais e ambientais da falta de tratamento de esgoto. Os impactos que a falta destes mínimos cuidados tem sobre a sociedade são muito mais amplos do que pôde alcançar este trabalho, portanto não é possível negligenciar o fato de que aproximadamente 50% da população brasileira vive hoje sem acesso ao saneamento básico.

Segundo ranking que compara opiniões da população com dados de realidade em 38 países, o Brasil ficou em segundo lugar em relação a ignorância sobre a realidade, mostrando o quanto não se sabe da realidade vivenciada no país para além das bolhas de convivência social (IPSOS,2017).

A Educação Ambiental entra com um papel principal para que cada cidadão possa se desenvolver na ação, mostrando a importância de participar e ser um agente ativo das transformações da realidade ao seu redor, compreendendo a importância de cada ato, da coerência nas ações governamentais em relação a universalização do acesso aos direitos básicos, para que cada um possa ser multiplicador do conhecimento como um todo e das tecnologias.

Portanto considera-se que este trabalho atingiu o seu objetivo de sistematizar as principais tecnologias de baixo custo para tratamento de esgoto em zona rural que são Fossa Séptica Biodigestora, Alagados Construídos (Wetlands/Zona de Raízes), Tanque de Evapotranspiração, Vermicompostagem, Fossas Sépticas Econômicas e Banheiro Seco.

Bem como considera-se viáveis suas implantações pois são de baixo custo e tecnicamente eficientes já que foram realizadas também em outros locais, em pequena e grande escala e até mesmo em parcerias com governo ou em comunidades independentes.

Entre as tecnologias analisadas o Vermifiltro foi a mais viável, alinhando eficiência, menor custo e maior simplicidade para implantação e manutenção.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B. S. Q. et al. **Banheiro seco: análise da eficiência de protótipos em funcionamento**. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.
- AMATUZI, B.; BOTEGA, J. L.; CELANTE, L. S. **Implementação de banheiro seco como proposta de saneamento ecológico**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- ANA, Agência Nacional de Águas. 2017. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/>>. Acesso em: 02/11/2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. **Comissão de Estudo de Projetos de Sistemas de Esgoto Sanitário**, 1986. 5 p.
- AVELINO, M. C. G. S. **Construção de um sistema de alagados construídos e o comportamento dos parâmetros físico-químicos e biológicos da fase de maturação dos leitos de fluxo vertical**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia, 2012. 91 p.
- BANCO DO BRASIL. **Programa Nacional de Habitação Rural (PNHR)**. Disponível em: <<https://www.bb.com.br/docs/pub/siteEsp/dimob/CartTecnSociais.pdf>>. Acesso em: 02/11/2018.
- Blog Ecomagentegrota. Disponível em: <<http://ecomagentegrota.blogspot.com/2016/01/minhocofiltro-na-grota.html>>. Acesso em: 02/11/2018.
- Blog Marcenaria de caçamba. Disponível em: <<http://marcenariadecacamba.blogspot.com/2017/05/vermifiltro-lombrifiltro-ou-sistema-toha.html>>. Acesso em: 02/11/2018.
- BRASIL, Senado Federal. Constituição da República Federativa do Brasil. **Centro Gráfico**, Brasília, 1988. 292 p.
- BRASIL. Decreto nº 7.492, de 2 de junho de 2011. Institui o Plano Brasil Sem Miséria. **Diário Oficial da União**, 2011.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**, 2007.
- BRASIL. Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991. Dispõe sobre a política agrícola. **Diário Oficial da União**, 1991.
- BRIX, H.; ARIAS, C. A. The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater: New Danish guidelines. **Ecological engineering**, v. 25, n. 5, p. 491-500, 2005.
- CAMPOS, J. R.; DIAS, H. G. Potencialidade do filtro anaeróbio. **Revista Dae**, v. 49, n. 154, p. 29-33, 1989.
- CARUSO, B. A. et al. Assessing the impact of a school- based latrine cleaning and handwashing program on pupil absence in Nyanza Province, Kenya: a cluster- randomized trial. **Tropical Medicine and International Health**, v. 19, n. 10, p. 1185-1197, 2014.
- CASTAGNA, G. **Vermifiltro, Lombrifiltro ou Sistema Tohá**. 2017. Disponível em: <<http://marcenariadecacamba.blogspot.com/2017/05/vermifiltro-lombrifiltro-ou-sistema-toha.html>>. Acesso em: 02/11/2018.

CENTRO AMBIENTAL DA TERRA. **Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) ou Bacia de Evapotranspiração (BET)**. 2016. Disponível em: <<http://www.ambientaldaterra.com.br/tanque-de-evapotranspiracao-tevap-ou-bacia-de-evapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 02/11/2018.

COSTA, A. B. (Org.). **Tecnologia Social e Políticas Públicas**. Fundação Banco do Brasil, Brasília, p.184-206, 2013. 284 p.

DA SILVA PINHO, E. A. et al. Tratamento de esgoto sanitário contendo micropoluentes no Brasil: revisão. **Bioenergia em Revista: Diálogos**, v. 7, n. 2, 2017.

DE SOUZA NUNES, E.; FERREIRA, F. D. G.; DE SOUSA, E. P. Desempenho da provisão dos serviços de saneamento básico no Ceará. **Revista Estudo e Debate**, v. 25, n. 1, 2018.

Da Terra Permacultura. Disponível em: <<http://www.ambientaldaterra.com.br/tanque-de-evapotranspiracao-tevap-ou-bacia-de-evapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 02/11/2018.

EMBRAPA. **Cartilha: Fossa Séptica Biodigestora**. 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/52031/1/Fossa0001.pdf>>. Acesso em: 02/11/2018.

EMBRAPA. **Fossa séptica biodigestora beneficia 57 mil pessoas no campo**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/14221866/fossa-septica-biodigestora-beneficia-57-mil-pessoas-no-campo>>. Acesso em: 10/10/2018.

FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. **Panorama do Saneamento Rural no Brasil**. 2018. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil>>. Acesso em: 01/11/2018.

FUNASA, Fundação Nacional da Saúde. **Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento**. 2010.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Campo Grande. 2009. 38 p.

GALVÃO JUNIOR, A. C.; PAGANINI, W. S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.1, p. 7988, 2009.

HUTTON, G.; HALLER, L.; WATER, S. Evaluation of the costs and benefits of water and sanitation improvements at the global level. **World Health Organization**. 2004. Disponível em: <<http://apps.who.int/iris/handle/10665/68568>>. Acesso em: 25/03/2018.

IBGE. **Atlas de Saneamento**. 2010. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm>. Acesso em 12/07/2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgoto**. 2018. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>. Acesso em:02/11/2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Panorama dos planos municipais de Saneamento básico no Brasil**. 2017. 40 p. Disponível em <<http://tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/panorama-dos-pmbms/panorama-completo.pdf>>. Acesso em: 02/11/2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Pesquisa Saneamento Básico em Áreas Irregulares do Estado de São Paulo**. 2015. 100 p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/areas-irregulares/Areas-Irregulares-Sao-Paulo-vf-24_11-16h.pdf>. Acesso em: 02/11/2018.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Saúde**. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/saude>>. Acesso em: 01/11/2018.

- IPEMA. **Instituto de Permacultura Ecovilas da Mata Atlântica**. 2017. Disponível em: <<http://ipemabrasil.org.br/>>. Acesso em: 02/08/2018.
- IPSOS. **Perigos da Percepção**. 2017. Disponível em: <<https://www.ipsos.com/pt-br/perigos-da-percepcao-2017>>. Acesso em 29/11/2018.
- JENKINS, J. C. **The humanure handbook: A guide to composting human manure**. Jenkins Publishing, Grove, 3. ed, 2005. 198 p.
- JUNTOS PELA ÁGUA. **Falta de saneamento básico afeta desenvolvimento do cérebro infantil, sugere estudo**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/YTBtZk>>. Acesso em: 02/11/2018.
- KEMPER, K.; SADOFF, C. **The global water challenge. World Bank Global Issues Seminar Series**. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/EXTABOUTUS/Resources/WaterPaper.pdf>>. Acesso em: 25/03/2018.
- LEMES, J. L. V. B. et al. Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural. **Ciência Animal**, v. 6, n. 2, p. 169-179, 2008.
- MADRID, F. J. P. **Aplicação da vermifiltração no tratamento de esgoto sanitário**. Campinas, 2016. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/654/vermifiltracao-e-alternativa-para-o-tratamento-de-esgoto>>. Acesso em: 02/11/2018.
- MAIER, C. **Qualidade de águas superficiais e tratamento de águas residuárias por meio de zonas de raízes em propriedades de agricultores familiares**. Dissertação de Mestrado (Ciência do Solo). Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2007. 96 p.
- MENEZES, F.; JANNUZZI, P. **Com o aumento da extrema pobreza, Brasil retrocede dez anos em dois**. 2018. Disponível em: <<https://teoriaedebate.org.br/2018/03/07/com-o-aumento-da-extrema-pobreza-brasil-retrocede-dez-anos-em-dois/>>. Acesso em: 01/11/2018.
- MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Economia e Desenvolvimento**, n. 16, 2004.
- NAGAMATI, F. L.; SANTOS, J.J. F.; MENDES, T. A. Execução de wetland construído para tratamento de efluente doméstico em propriedade rural. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 418-446, 2018.
- NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2 ed., 2011.
- OMS, Organização Mundial da Saúde. 2017. Acesso em: 02/11/2018.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Brasil desigual IPEA**. 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/brasil-esta-entre-os-cinco-paises-mais-desiguais-diz-estudo-de-centro-da-onu/>>. Acesso em: 02/11/2018.
- ONU, Organização das Nações Unidas. **Relatório do Relator Especial sobre o direito humano à água potável segura e ao esgotamento sanitário**. 2016. 21 p. Disponível em: <<http://www.cpqrr.fiocruz.br/pg/wp-content/uploads/2016/11/Relatorio-ONU.pdf>>. Acesso em: 02/11/2018.
- OSORIO, R. G. et al. Perfil da pobreza no Brasil e sua evolução no período 2004-2009. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, 2011.

OTENIO, M. H. et al. Como montar e usar a fossa séptica modelo Embrapa: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. **Embrapa**, Brasília, 2014. 44 p. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1004077>>. Acesso em: 02/11/2018.

PALERMO, V. **Minhocofiltro na Grota**. 2016. Disponível em: <<http://ecomagentegrota.blogspot.com/2016/01/minhocofiltro-na-grota.html>>. Acesso em: 02/11/2018.

PAMPLONA, S.; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra. **Permacultura Brasil; Soluções ecológicas**, v. 16, 2004.

PIMENTEL, A. J.; PAULA, D. M. M.; BORGES, D. M. **Soluções de saneamento básico para comunidades isoladas: estudo de caso no bairro Jardim Emburá - SP**. São Paulo. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2014.

PINHEIRO, F. K. A gestão da qualidade e a gestão dos resíduos sólidos em comunidades do Ceará. **Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão**, Salvador, 2009. 10 p.

PITALUGA, D. P. S. **Avaliação de diferentes substratos no tratamento de esgoto sanitário por zona de raízes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente). Escola de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia do Meio Ambiente, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2011. 132 p.

PLANSAB. **Plano Nacional de Saneamento Básico**. Brasília, 2013. 172 p. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/processos/AECBF8E2/Plansab_Versao_Conselhos_Nacionais_020520131.pdf>. Acesso em: 01/11/2018.

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2014**. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2014/default.shtm>>. Acesso em: 02/11/2018.

PORTO, L. O. S.; SIMÕES, L. G. S. R. Banheiro Seco como solução sanitária para comunidades em extrema pobreza: Um estudo de caso de Jardim Gramacho. **UFRJ/ Escola Politécnica**, Rio de Janeiro, 2016. 141p.

POSTIGO, M. D. et al. Avaliação da eficiência de fossa séptica de baixo custo desenvolvida para o saneamento rural. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 14, n. 1, 2017

PREFEITURA DE CARATINGA. **Finalista: Fossas Sépticas Econômicas**. 2011. Disponível em: <<http://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/banco-de-tecnologias-sociais/pesquisar-tecnologias/fossas-septicas-economicas.htm>>. Acesso em: 12/10/2018.

QUELUZ, João Gabriel Thhomaz. **EFICIÊNCIA DE ALAGADOS CONSTRUÍDOS PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS COM BAIXAS CARGAS ORGÂNICAS**. 2016. 124 p. Tese de doutorado (Doutorado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp, Botucatu, 2016.

RÊGO, R. C. F.; BARRETO, M. L.; LARREA-KILLINGER, C. **Impacto de um programa de saneamento ambiental na saúde: fundamentos teórico-metodológicos e resultados interdisciplinar**. 2018. 492 p.

RESENDE, R. G.; FERREIRA, S.; FERNANDES, L. F. R. O saneamento rural no contexto brasileiro. **Revista Agrogeoambiental**, v. 10, n. 1, 2018.

RIBEIRO, M. A. **Estudo da poluição e autodepuração nos rios Melchior e Descoberto, na bacia do Descoberto – DF/GO, com auxílio de modelos matemáticos de simulação de qualidade da água, para**

estudos de seu comportamento atual e futuro. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, 2001.

SANTOS, L.; VENTURI, M. **O que é permacultura?** UFSC, 2018. Disponível em: <<http://permacultura.ufsc.br/o-que-e-permacultura/>>. Acesso em: 01/11/2018.

SARTORI, M. A. **Desempenho de vermifiltros no tratamento de esgoto doméstico em pequenas comunidades.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa. 2010.

SCHRAM, S. C.; CARVALHO, M. A. B. **O pensar educação em Paulo Freire: para uma pedagogia de mudanças.** 2013. 21 p. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/852-2>>. Acesso em: 02/11/2018.

SEZERINO, P. H. et al. Experiências brasileiras com wetlands construídos aplicados ao tratamento de águas residuárias: parâmetros de projeto para sistemas horizontais. **Revista Engenharia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 20, n.1, p.151-158, 2015.

SILVA, B. B. **As relações de gênero e o saneamento: Um estudo de caso envolvendo três comunidades rurais brasileiras.** Dissertação de mestrado (Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2017. 211 p.

SILVA, L. S. M et al. **Tratamento de águas residuárias domésticas por zona de raízes de macrófitas em uma residência na cidade de Marabá-PA.** 2017. 8 p.

SILVA, S. R.M. **Indicadores de sustentabilidade urbana: as perspectivas e as limitações da operacionalização de um referencial sustentável.** São Carlos. Dissertação de mestrado em Engenharia Urbana – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana do Deptº de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos. 2000. 20p

SILVA; R. W.; SANTOS, G. O. **Dimensionamento e construção de tanque de evapotranspiração para o tratamento de esgoto sanitário.** 2017. 14 p. Disponível em: < <https://goo.gl/jfpgQ> >. Acesso em: 02/11/2018.

SILVA, W. L. **Apresentação:Fossa séptica biodigestora.** 2013. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/siqueiradamata/fossa-sptica-biodigestora-o-que-e-como-funciona>>. Acesso em: 10/10/2018.

SINHA, R. K. et al. Sewage treatment by vermifiltration with synchronous treatment of sludge by earthworms: a low-cost sustainable technology over conventional systems with potential for decentralization. **The Environmentalist**, v. 28, n. 4, p. 409-420, 2008.

SINHA, R. K. et al. Vermiculture technology: reviving the dreams of Sir Charles Darwin for scientific use of earthworms in sustainable development programs. **Technology and Investment**, v. 1, n. 03, p. 155, 2010.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Estudo Trata Brasil “Ociosidade das Redes de Esgoto – 2015”.** 2016. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>. Acesso em: 02/11/2018.

SUGIMOTO, L. Vermifiltração é alternativa para o tratamento de esgoto. **Jornal da UNICAMP**, Campinas, n. 654, 2016. Disponível em: <<http://www.unicamp.br/unicamp/ju/654/vermifiltracao-e-alternativa-para-o-tratamento-de-esgoto>>. Acesso em: 02/11/2018.

TONETTI, Adriano Luiz et al. **TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS EM COMUNIDADES ISOLADAS** : referencial para a escolha de soluções. Primeira. ed. Campinas: Biblioteca Unicamp, 2018. 153 p. Disponível em: <<http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2018/11/Livro-Tratamento-de-Esgotos-Dom%C3%A9sticos-em-Comunidades-Isoladas-ilovepdf-compressed.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

UNICEF. **Quase 750 milhões de pessoas sem água adequada para beber**. 2017. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/radio/portuguese2015/03/unicef-quase-750-milhoes-de-pessoas-sem-agua-adequada-para-beber/#.VRAQH47F9S1>>. Acesso em: 01/08/2018.

UNICEF. **Situação Mundial da Infância**. 2005. Disponível em: <<https://www.unicef.pt/docs/smi2005.pdf>> Acesso em 09/10/2018

VIEIRA, I. **BET – Bacia de Evapotranspiração**. 2010. Disponível em: <<https://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-de-evapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 02/11/2018.

VIEIRA, L. B.; FERREIRA, M. C. D. Estudo da bacia de evapotranspiração como solução para Destinação de esgoto doméstico, uma revisão bibliográfica. *In: IV Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental*. 2016. 6 p.

WETLANDS. **Tipos de Wetlands construídos**. Disponível em: <<https://www.wetlands.com.br/tipos-de-wetlands>>. Acesso em: 01/11/2018.

ANEXO

Tabela A1.Orçamento Fossa Séptica Biodigestora.

FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA		
Material	Quantidade	Valor
neutrol	0,9 mL	R\$27,73
adesivo para PVC	1 unidade	R\$5,83
pasta lubrificante	80 gr	R\$10,00
veda para rosca 18x25	1 unidade	R\$6,00
silicone incolor tubo grande	2 unidades	R\$30,00
registro esfera PVC 50mm	1 unidade	R\$42,90
tubo PVC soldável 25mm	2 unidades	R\$6,38
tubo PVC soldável 50mm	1 unidade	R\$11,77
adaptador com flange e anel 50x1.1/2	1 unidade	R\$36,00
adaptador com flange e anel 25x3/4	2 unidades	R\$32,34
capa soldável 25 mm	2 unidades	R\$3,08
anel de vedação 100 mm	10 unidades	R\$12,00
te esgoto 100x100***	2 unidades	R\$31,04
luva simples para esgoto 100 mm	3 unidades	R\$15,51
joelho para esgoto 100 mm	4 unidades	R\$33,20
válvula de retenção 100m	1 unidade	R\$97,90
tubo para esgoto 100 mm	6 unidades	R\$70,62
caixas de 1000 L	3 unidades	R\$987,00
		valor total: R\$1.459,30

Fonte: Autora, 2018.

Tabela A2.Orçamento Fossa Séptica Econômica.

FOSSA SÉPTICA ECONÔMICA		
Material	Quantidade	Valor
saco de pedras (20 kg)	30 unidades	R\$102,00
joelho 90° soldável 40 mm	2 unidades	R\$9,68
tubo de PVC soldável 40 mm	3 unidades	R\$29,82
adaptador com flange e anel 50x1.1/2	1 unidade	R\$28,00
silicone incolor tubo grande	1 unidade	R\$15,00
te esgoto 100x100	3 unidades	R\$46,56
joelho 90° soldável 100 mm	1 unidade	R\$8,30
tubo para esgoto 100 mm	3 unidades	R\$35,31
bombona 200 L	3 unidades	R\$450,00
Vala:		
Cano de PVC 100 mm	6 metros	R\$49,40
Britas para Vala		
		valor total: R\$774,07

Fonte: Autora, 2018.

Tabela A3.Orçamento Alagados Construídos.

ALAGADOS CONSTRUÍDOS (WETLANDS)		
Material	Quantidade	Valor
Tubo de PVC - 75mm	10 metros	R\$ 110,20
joelhos de 90° - 75mm	5 unidades	R\$ 30,25
Tês - 75 mm	3 unidades	R\$ 39,27
Redução de - 100 para 75 mm	1 unidade	R\$ 6,90
Tampões - 75 mm	4 unidades	R\$ 19,80
Areia média	3 m ³	R\$ 330,00
Brita nº 02	3,5 m ³	R\$ 385,00
2 dias de Mão de obra específica (se necessário)		
Lona plástica preta.impermeab	105 m ²	R\$ 109,00
mudas de Plantas para zona de Raízes	16 unidades	(doadas)
		valor total: R\$ 1030,42

Fonte: Autora, 2018.

Tabela A4.Orçamento Tanque de Evapotranspiração

TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO		
Material	Quantidade	Valor
tijolo	40 unidades	R\$16,80
joelho para esgoto 90° 100mm	1 unidade	R\$8,30
tubo de esgoto 100mm	6 unidades	R\$70,62
tela para viveiro	30 metros	R\$228,00
pedra brita nº 1	XXX	R\$142,80
areia média	XXX	R\$142,80
cimento portland cp II e 32	4 sacos de 50 kg	R\$95,20
Pneus		doados
terra	20kg	R\$20,00
		valor total: R\$724,52

Fonte: Autora, 2018.

Tabela A5.Orçamento Vermifiltro 1.

VERMIFILTRO 1		
Material	Quantidade	Valor
bombona (200L)	1 unidade	R\$ 150,00
sacos de brita (90kg)	10 unidades	R\$ 17,00
sacos de aréola	3 unidades	R\$ 29,00
sacos de areia (60kg)	3 unidades	R\$ 9,90
Canos de acordo com a distância necessária;	Não indentif	R\$ --
Redutor de 100/50mm	1 unidade	R\$ 6,99
Conexão Tê	1unidade	R\$ 9,94
Serragem	Não identif.	R\$ --
1 a 2 Litros de Minhocas vermelhas Californianas		R\$ 34,00
		valor total: R\$ 256,83

Fonte: Autora 2018

Tabela A6.Orçamento Vermifiltro 2

VERMIFILTRO 2		
Material	Quantidade	Valor
Bombona Plástica 200 Litros	1 unidade	R\$ 150
Adaptador Flange de 10cm	1 unidade	R\$ 31,90
Adaptador flange 5 cm	1 unidade	R\$ 25,99
Pedras Grandes ou Entulho (suficiente para preencher 10 cm da Bombona)	\$	R\$ doado
Pedras Médias , brita e pedrisco (de maneira que sobre 45 cm até o topo)	10 unidades	R\$ 17,00
conexão Tê	1 unidade	R\$ 9,94
Serragem grossa	40 Litros)	R\$29,97
1 a 2 Litros de Minhocas Vermelhas Californianas		R\$ 34,00
Sombrite	1 unidade(1m ²)	R\$ 4,00
		valor total: R\$ 302,80

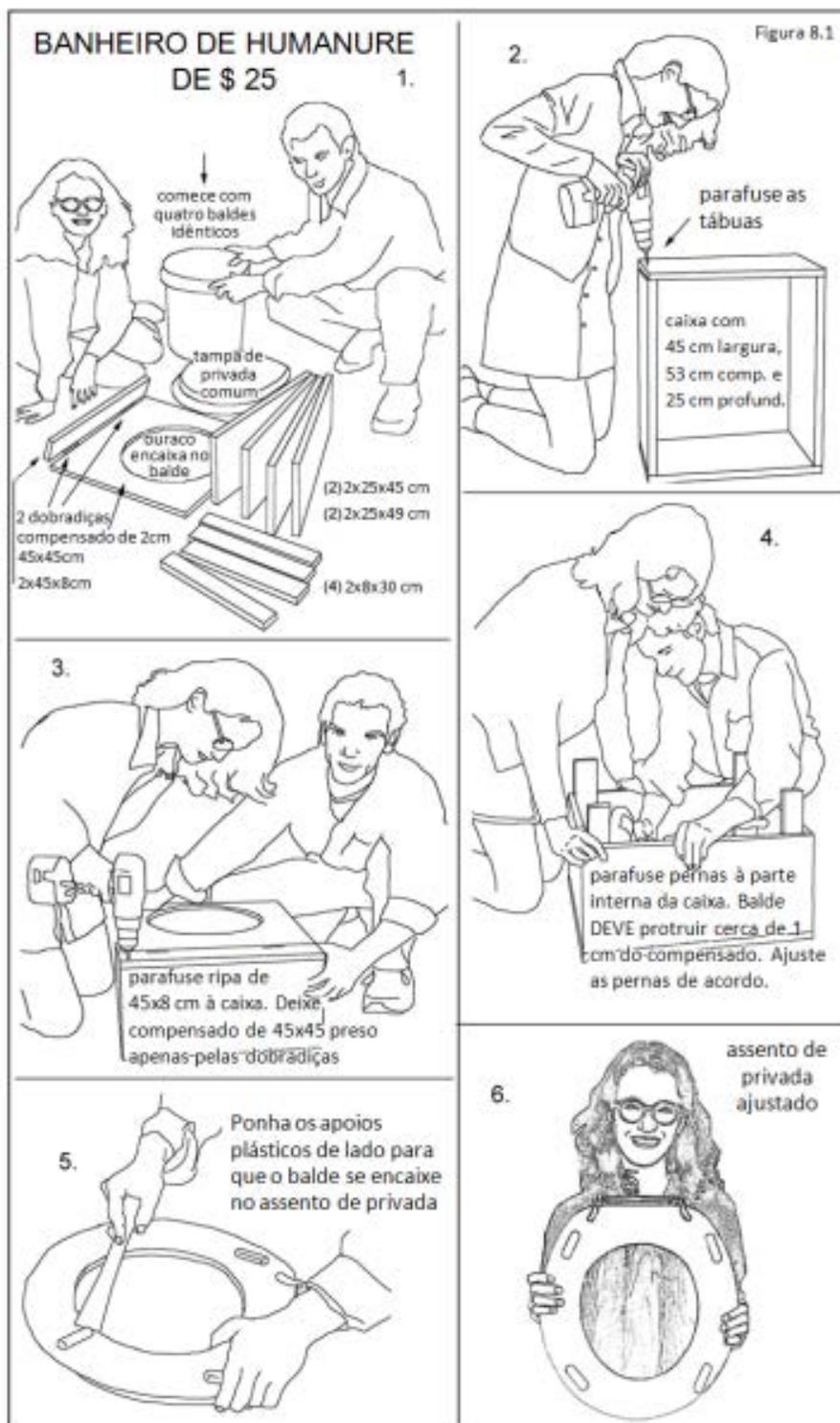
Fonte: Autora 2018

Tabela A7.Orçamento Banheiro Seco.

BANHEIRO SECO		
Material	Quantidade	Valor
Paletes (composteira)	7 unidades	doados ou R\$15,00 cada
baldes	3 unidades	R\$ 10,00
Madeira (caixa da privada)	3m	R\$ 37,70
Serragem		
Enxada ou garfo para manusear	1 unidades	R\$ 22,00
Tampa de privada	1 unidade	R\$ 18,60
Materiais- construção do ambiente	somente se não houver banheiro	não calculado
		valor total: R\$ 193,30

Fonte: Autora, 2018.

Figura A1. Passo a passo para construção do Banheiro Seco Humanure (Parte 1).



Fonte: JENKINS, 2005.

Figura A2. Passo a passo para construção do Banheiro Seco Humanure (Parte 2).



Figura A3. Certos e errados do Banheiro Compostável Termofílico.

CERTOS E ERRADOS DO SISTEMA DE BANHEIRO COMPOSTÁVEL TERMOFÍLICO		
<p>CERTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Coletar urina, fezes e papel higiênico no mesmo balde. urina fornece umidade e nitrogênio que são essenciais. ✓ Manter um suprimento de material orgânico limpo de cobertura sempre à mão. Serragem mofada, turfa, folhas de árvore, etc. previnem odor, absorvem excesso de umidade e equilibram a relação C/N. ✓ Mantenha outro suprimento de materiais de cobertura à mão junto às composteiras para cobrir a pilha de composto. Materiais mais grosseiros como palha, folhas e aparas de grama previnem odores, aprisionam ar na pilha e equilibram a relação C/N. ✓ Deposite humanure em uma depressão na parte central do topo da pilha, não nas beiradas. ✓ Adicione uma mistura de materiais orgânicos à pilha de humanure, incluindo todos os restos de cozinha. ✓ Mantenha a pilha de composto relativamente plana no topo. Isso permite ao composto absorver água da chuva, e facilita a cobertura de material fresco adicionado à pilha. ✓ Use um termômetro de composto para averiguar a atividade termofílica. Se seu composto não parecer que está esquentando adequadamente, use o composto final para árvores, arbustos, flores e plantas ornamentais, ao invés de usar na horta. Ou deixe a pilha amadurecer por dois anos antes de usar na horta. 		<ul style="list-style-type: none"> • NÃO segregue urina ou papel higiênico das fezes • NÃO vire a pilha de composto se material estiver sendo adicionado continuamente e um lote não for disponível. Não perturbe a parte termofílica no topo da pilha. • NÃO adicione calcário ou cinzas à pilha de composto. Adicione-os diretamente ao solo. • NÃO espere atividade termofílica até que uma massa suficiente tenha sido adicionada. • NÃO deposite coisas fétidas dentro do banheiro ou pilha de compostagem sem depois cobrir com um material orgânico de cobertura limpo • NÃO permita que cães ou outros animais mexam na pilha de composto. Se você tiver problemas com animais, instale uma malha de arame ou outras barreiras adequadas ao redor de seu composto e por baixo, se necessário. • NÃO segregue restos de comida de sua pilha de composto. Adicione todos os materiais orgânicos à mesma composteira. • NÃO use o composto antes que ele tenha maturado por tempo suficiente. Isso significa um ano após a construção da pilha, ou dois anos se o humanure for originado de uma população infectante. • NÃO se preocupe com seu composto. Se ele não esquentar satisfatoriamente, deixe-o envelhecer por um período mais prolongado, ou use-o para plantas ornamentais.

Fonte: JENKINS, 2005.