

II-439 - CONCEITOS E TECNOLOGIAS PARA O MANEJO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS EM PEQUENAS COMUNIDADES RURAIS

Thaíssa Jucá Jardim Oliveira⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade do Estado do Pará (UEPA). Mestranda em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Kênia Nassau Fernandes⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto. Mestra em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

Aníbal da Fonseca Santiago⁽³⁾

Professor do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo (USP). Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Endereço⁽¹⁾: Rua Professor Geraldo Nunes, 635 – Bauxita – Ouro Preto – MG. CEP: 35400-000
e-mail: jardim.thaissa@gmail.com

RESUMO

Apesar de ser um direito humano assegurado pela constituição federal a todos os brasileiros, o saneamento básico ainda apresenta condições muito precárias em todo o país, influenciando diretamente na saúde e qualidade de vida de nossa população. Esta situação se agrava nas zonas rurais, onde as condições de pobreza, isolamento e falta de acesso à informação dificultam ainda mais a chegada de tais serviços. Pensar o saneamento na área rural exige, sobretudo, o entendimento de suas peculiaridades, para a organização de sistemas de coleta e tratamento que se mostrem sustentáveis no âmbito local. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica acerca de conceitos e diretrizes discutidos atualmente no âmbito do saneamento rural, notadamente: a separação na fonte; a descentralização dos sistemas de tratamento de esgoto; e reuso do efluente tratado. Além disso, pretende-se expor alternativas para o tratamento de efluentes domésticos em comunidades rurais, com base em tecnologias que contribuam para o empoderamento destas comunidades. A pesquisa foi feita por meio de uma revisão bibliográfica narrativa, sem critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura. O principal fator que torna inadequado o uso de fossas sépticas (ou de outras tecnologias convencionais) no campo é a falta de apropriação da tecnologia por parte dos usuários, que desconhecem sua forma de funcionamento e negligenciam sua manutenção, transferindo esta responsabilidade para entidades externas. Como forma de contrapor esta realidade, algumas tecnologias sociais de tratamento de esgoto vêm sendo elaboradas e aplicadas no campo por instituições como a Embrapa, a Emater, a Funasa, etc. Dentre elas, destacam-se a fossa séptica biodigestora, o jardim filtrante, o tanque de evapotranspiração, o círculo de bananeiras, a fossa séptica de evapotranspiração e o biodigestor modificado Acqualimp. Muito se tem discutido na América Latina sobre o uso de tecnologias sociais em projetos de saneamento rural, porém, ainda são necessárias pesquisas mais detalhadas sobre diferenças práticas existentes entre estas tecnologias e os modelos convencionais utilizados atualmente.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento rural, tecnologias sociais, separação na fonte, sistemas descentralizados, reuso de águas residuárias.

INTRODUÇÃO

Apesar de ser um direito assegurado pela constituição federal a todos os brasileiros, o saneamento básico ainda apresenta condições muito precárias em todo o país, influenciando diretamente na saúde e qualidade de vida de nossa população. Atualmente, as principais diretrizes relacionadas a este setor estão dispostas na Lei nº 11.445/2007, que o define como “o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais”.

Em termos de esgotamento sanitário, verifica-se que apenas 58% da população tem seus esgotos coletados e somente 42,6% do efluente produzido é tratado (SNIS, 2017). Estes índices se tornam ainda mais preocupantes quando consideramos a desigualdade de acesso ao saneamento básico nas diversas regiões do país e as diferenças entre as áreas urbana e rural, onde as condições de pobreza, isolamento e falta de acesso à informação dificultam ainda mais a chegada destes serviços.

De acordo com o último relatório dos Objetivos do Milênio (ONU, 2015), atualmente 946 milhões de pessoas ainda praticam a defecação ao ar livre, sendo a maior parte delas habitante da área rural e pertencente a grupos pobres e marginalizados. No Brasil, avalia-se que em 2009 apenas 25% da população rural do país teve acesso à rede de coleta ou ao tratamento de esgoto (COSTA & GUILHOTO, 2014) enquanto que na área urbana este índice é de 58% (SNIS, 2017).

A falta de acesso aos serviços de saneamento básico na área rural tem como consequência a grande incidência de doenças de veiculação hídrica nestes locais, além de uma degradação da qualidade de vida de seus habitantes. Um estudo divulgado pelo Instituto Trata Brasil (KRONEMBERGER & JUNIOR, 2010) estima que o número de internações no sistema hospitalar poderia ser reduzido em 25% e a mortalidade em 65% com o alcance do acesso universal ao saneamento no país. Além disso, o estudo aponta que doenças características de áreas sem saneamento (como parasitoses intestinais e diarreia) são causas da morte de 2,5 mil crianças menores de cinco anos por ano no Brasil. Em termos econômicos, os gastos do Sistema Único de Saúde (SUS) com o tratamento de doenças ligadas à falta de higiene chegam a R\$ 300 milhões por ano (FUNASA, 2011).

De acordo com a Fundação Nacional de Saúde – Funasa (2011), um dos pontos a serem considerados na elaboração de políticas públicas na área de saneamento rural é a diversidade ambiental e cultural existente nesse meio, tanto a nível nacional quanto estadual. A complexidade inerente à diversidade de povos (quilombolas, ribeirinhos, agricultores familiares, assentados, indígenas, etc.) que compõe o ambiente campesino, exige formas particulares de intervenção em saneamento básico, tanto no que diz respeito às questões ambientais, tecnológicas e educativas, como de gestão e sustentabilidade das ações.

Pensar o saneamento na área rural exige, sobretudo, o entendimento de suas peculiaridades para a organização de sistemas de coleta e tratamento que se mostrem sustentáveis no âmbito local. Dessa forma, chama-se a atenção para alguns conceitos que vêm sendo discutidos recentemente dentro do saneamento rural, tais como: separação na fonte (FAGUNDES E SCHERER, 2009), sistemas descentralizados (RODRIGUEZ, 2009) e reuso do efluente tratado (CAI, 2015). Estes conceitos fazem parte de uma nova abordagem para o manejo de esgotos na área rural, que deve servir como base tanto para o desenvolvimento de tecnologias quanto para a formulação de políticas públicas e projetos que contribuam para a universalização do seu acesso.

OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica acerca de conceitos e diretrizes discutidos atualmente no âmbito do saneamento rural. Além disso, pretende-se expor alternativas para o tratamento de efluentes domésticos em comunidades rurais, com base em tecnologias que podem ser apropriadas por essas comunidades e, assim, contribuir para o empoderamento das mesmas.

METODOLOGIA UTILIZADA

Este trabalho foi elaborado através de uma revisão bibliográfica narrativa, sem critérios explícitos e sistemáticos para a busca e análise crítica da literatura (UNESP, 2015). Foram incluídos na pesquisa: artigos científicos, dissertações, teses, boletins e relatórios de órgãos governamentais e demais instituições ligadas à questão do saneamento no Brasil e no mundo. Além da sistematização dos dados, foi feita uma análise das vantagens e desvantagens de cada uma das tecnologias apresentadas e uma comparação entre o uso de tecnologias sociais e convencionais para o tratamento de esgotos em áreas rurais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma nova abordagem para o manejo de esgotos em áreas rurais

De acordo com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – SABESP (2011), um dos grandes desafios do saneamento brasileiro hoje é desenvolver um modelo sustentável para levar água de qualidade adequada ao consumo humano e tratamento de esgoto às comunidades isoladas. Para isso, destaca-se a necessidade de elaboração de estratégias diferenciadas que respeitem as especificidades humanas e biológicas locais.

Atualmente existem duas abordagens básicas para o tratamento de esgotos: sistemas centralizados e descentralizados. Sistemas centralizados são aqueles nos quais, por intermédio de uma extensa rede de coleta, as águas residuárias são encaminhadas para estações de tratamento de efluentes com grande capacidade, a fim de permitir ganhos de escala à medida que se agregam mais usuários a rede. Por outro lado, sistemas de tratamento de esgoto sanitário descentralizados costumam atender uma ou poucas famílias e exigem a participação das comunidades usuárias, assumindo a responsabilidade pela construção ou operação de métodos tradicionais de tratamento (ORTUSTE, 2012; SANTOS et al., 2015).

Apesar do paradigma técnico do saneamento básico ser tradicionalmente voltado para sistemas centralizados, estes são considerados complexos e caros em termos de construção, operação e manutenção, sendo, portanto, pouco indicados para uso no meio rural (RODRIGUEZ, 2009). Dentre os principais fatores que corroboram com esta inadequação estão: a distância entre as residências; os custos relativos à energia elétrica; e as dificuldades de construção de uma rede de coleta e tratamento robusta que se adeque à densidade demográfica atual e futura de determinada região (KAMINSKY & JAVERNICK-WILL, 2013).

Massoud et al. (2008) afirmam que a aplicação de sistemas de tratamento de esgotos tradicionais em comunidades rurais não é apenas cara, mas impossível de ser implementada na ausência de assistência técnica e financiamento necessário. Desse modo, a gestão descentralizada do esgoto tem sido cada vez mais considerada, principalmente devido sua menor demanda por recursos e maior sustentabilidade. Como vantagens destes sistemas, citam-se sua simplicidade, a proximidade com o ponto de geração do efluente, menor impacto ambiental, maior possibilidade de reuso dos subprodutos do tratamento e seu baixo custo de implantação e manutenção (LENS et al., 2001; MOUSSAVI et al., 2010; USEPA, 2005). Ainda neste sentido, Maurer (2009) sugere que o tratamento descentralizado tem um bom potencial de aplicação em áreas com incerteza de previsão, já que eles respondem às mudanças da demanda flexivelmente e diminuem os custos relativos à capacidade ociosa do sistema.

Ao lado da utilização de sistemas descentralizados, a separação dos efluentes em sua fonte de produção (separação entre água cinza e negra¹) é um dos pilares desta nova abordagem para o manejo de esgotos no meio rural. Neste sentido, Fagundes e Scherer (2009) afirmam que a separação de efluentes permite empregar processos mais específicos, econômicos e adequados ao nível de contaminação de cada tipo de água residuária. Esta separação, além de diminuir a quantidade de águas negras (potencialmente mais poluentes), permite o reuso de água cinza como uma alternativa para suprir as demandas não potáveis e a aplicação de tratamentos mais simples para este tipo de efluente (PETERS, 2006). Ridderstolpe (2004) afirma que o tratamento da água cinza é relativamente fácil e pode ser feito com aplicação direta no solo, para irrigação de árvores e jardins, desde que sejam seguidos alguns critérios de ordem sanitária.

Conforme dito anteriormente, a implantação e gestão de sistemas de tratamento de esgoto costuma ser cara e inacessível à grande parte dos núcleos populacionais (UNESCO, 2015). Portanto, faz-se necessário o desenvolvimento de soluções simplificadas para este tratamento, com baixo custo de implantação e manutenção, e que possibilitem o aproveitamento de seus subprodutos. Tal reaproveitamento constitui o terceiro pilar da nova abordagem para o manejo de esgotos na área rural, abordado neste trabalho.

¹ Água cinza: qualquer água que tenha sido usada no lar, exceto água de vaso sanitário. Ex: *água usada em louças, banhos, pias e lavanderia*.

Água negra: toda a água proveniente dos sanitários, que contém material fecal e urina (FAGUNDES & SCHERER, 2009).

Dentre os subprodutos do tratamento de esgoto que podem ser aproveitados economicamente destacam-se: o biogás, água para reuso e os nutrientes contidos nos efluentes e no lodo de esgotos. Além dos ganhos econômicos, o aproveitamento desses recursos pode promover a educação ambiental, a mobilização social e a informação para a gestão integrada dos recursos hídricos, de forma a minimizar os custos de tratamento dos efluentes e evitar a contaminação ambiental (FLORENCIO, et al., 2006).

De acordo com o Clean Air Institute (CAI, 2015), existe uma clara necessidade de reuso da água e de integração dos sistemas de tratamento de esgoto com os demais desafios que permeiam a questão ambiental. Considerando esta necessidade, destaca-se o uso do lodo como biofertilizante em culturas agrícolas, diminuindo o consumo de fertilizantes químicos e os impactos ambientais decorrentes destes produtos (ANDREOLI, 2006). A água efluente dos sistemas de tratamento também pode ser reutilizada de diversas formas, dependendo do seu nível de contaminação. Dentre as alternativas para reuso direto destacam-se a fertirrigação, o uso em descarga de sanitários e lavagem de pátios (FLORENCIO et al., 2006). Em termos energéticos, o biogás produzido nos tratamentos anaeróbios pode ser utilizado para a geração de energia elétrica, aquecimento de água, aquecimento de ambientes ou em motores a combustão, dependendo do pós-tratamento empregado. Normalmente este aproveitamento não se mostra muito viável em sistemas de tratamento uniresidenciais, devido à baixa quantidade de efluente produzido.

O reaproveitamento dos subprodutos do tratamento de esgoto está diretamente relacionado com a separação do efluente na fonte, possibilitando a inserção de cada qualidade de água em seu ciclo adequado de reaproveitamento. Sobre este assunto, Pires (2012) afirma que:

“os sistemas de saneamento sustentáveis, no que diz respeito à dimensão ecológica, abordam a segregação das correntes de efluentes domésticos em um ciclo das águas e outro de nutrientes/energia, conforme suas características em termos de volume, teor de nutrientes e contaminação biológica. Assim, urina e fezes se relacionam predominantemente com o ciclo dos nutrientes, enquanto as águas cinzas integram-se ao ciclo das águas.”

Segundo Roefs (2017), a segregação na fonte possibilita também uma melhoria da recuperação de energia, nitrogênio e fósforo, uma vez que as águas estão mais concentradas e seus fluxos são mais homogêneos. Destaca-se que a água negra contém cerca de 90% do nitrogênio, 77% do fósforo e 55% da matéria orgânica, enquanto representa apenas cerca de um terço do volume de águas residuais municipais (KUJAWA-ROELEVELD E ZEEMAN, 2006 apud ROEFS et al, 2017). A separação da água negra também permite um melhor lodo para uso agrícola, uma vez que a contaminação com metais pesados, proveniente principalmente de fontes alimentares e produtos de limpeza, é mais baixa do que nas águas cinzas.

As diretrizes apresentadas neste capítulo têm sido bastante discutidas, porém ainda pouco aplicadas no contexto nacional, devido a um conjunto de entraves técnicos e políticos que permeiam o tema. Dentre os entraves técnicos é importante citar a insuficiência de estudos científicos acerca de tecnologias alternativas para tratamento de esgoto na área rural e a ausência de uma legislação que estabeleça padrões de qualidade para o reuso de efluentes domésticos para fins agrícolas no Brasil.

Neste sentido, Ribeiro (2013) afirma que no Brasil, como em muitos países, a legislação sobre o reuso ainda é deficiente devido à falta de estudos locais que evidenciem quais as taxas seguras de aplicação para cada cultura e tipo de solo e quais os reais danos cada contaminante pode ocasionar ao sistema solo-água-planta. Utilizam-se, portanto, os critérios adotados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA (2004) e pela Organização Mundial da Saúde – OMS (2006).

Atualmente, as principais normas em vigor em âmbito nacional que tratam do reuso de subprodutos de efluentes domésticos são: a resolução do CONAMA nº 375, que define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto; as resoluções nº 8 e 21, da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis; e as resoluções nº 54 e nº 121 do Conselho Nacional de Recursos Hídrico, que incentivam o reuso de águas residuárias na agricultura mas não estabelecem os padrões de qualidade para esta aplicação (ANP 2015; ANP, 2016; CNRH, 2005; CNRH, 2010; CONAMA, 2006).

Tecnologias Sociais para o Tratamento de Esgotos

Conforme afirmam Kaminsky & Javernick-Will (2013) o ‘desenvolvimento sustentável’ tem sido historicamente acusado de oferecer tecnologias de segunda classe ou ultrapassadas para os países em desenvolvimento enquanto os ricos escolheriam tecnologias mais intensivas em recursos e, supostamente, melhores. No entanto, a redução dos recursos necessários para instalar ou operar uma tecnologia não a torna fundamentalmente pior, e sim, mais facilmente aplicável em situações adversas. Para os autores, esta crítica é particularmente problemática para as tecnologias locais de saneamento², que, por serem pouco experimentadas em larga escala, tendem a ser vistas como soluções paliativas, que servem como alternativa até que uma rede coletora de esgotos possa ser construída.

De acordo com Lemes et al. (2008), a situação socioeconômica brasileira torna imprescindíveis os investimentos no desenvolvimento de tecnologias alternativas, de baixo custo e de alta eficiência para o tratamento das águas residuárias. Contudo, muitas vezes a dispersão física da população rural pode dificultar a identificação das demandas específicas de cada comunidade e encarecer as soluções de engenharia (FUNASA, 2015). Como forma de contrapor essa tendência, algumas tecnologias sociais de tratamento de esgoto vêm sendo elaboradas e aplicadas no campo por instituições como a Embrapa, a EMATER, a Funasa e outras organizações governamentais e não-governamentais atuantes nestas áreas (FONSECA, 2008). Neste sentido, Botelho et al. (2014) destaca que, na última década, a discussão sobre tecnologia social e sua aplicabilidade ganhou corpo e destaque científico na academia e na formulação de políticas públicas que visam o desenvolvimento local e a melhora da qualidade de vida de seus usuários.

Segundo o Instituto de Tecnologia Social – ITS (2009), as tecnologias sociais se apresentam como um conjunto de técnicas e metodologias que propiciam a participação ativa da comunidade, visando à solução de problemas para a promoção da saúde, do desenvolvimento e da inclusão social. Suas implementações estão embasadas em adaptações às necessidades e aos estilos de vida locais, considerando, por exemplo, condições financeiras, culturais e educacionais. Em relação ao manejo de efluentes domésticos, destaca-se que a utilização de sistemas descentralizados de tratamento nem sempre tem como base o uso de tecnologias sociais e a apropriação desses conhecimentos pela população. Isto tanto é verdade que atualmente as duas principais formas de disposição do esgoto na área rural do Brasil são a fossa negra (usada por 50% da população) e a fossa séptica tradicional (25%), que, apesar de ser uma solução aparentemente eficaz, na prática não tem atingidos os resultados esperados (FONSECA, 2008).

Muito se tem discutido na América Latina sobre o uso de tecnologias sociais em projetos de saneamento rural (CARE INTERNATIONAL – AVINA, 2012), porém, ainda são necessárias pesquisas mais detalhadas sobre diferenças práticas existentes entre essas tecnologias e os modelos convencionais utilizados atualmente. Assim, este trabalho buscou organizar os dados relativos às principais tecnologias alternativas para o tratamento descentralizado de esgotos conhecidas atualmente no Brasil, separando-as entre as que se encaixam ou não no conceito de tecnologias sociais definido pelo ITS (2009).

a) Fossa Séptica Biodigestora

A Fossa Séptica Biodigestora é um sistema de tratamento desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), com base nos biodigestores utilizados na área rural da China. Esta tecnologia é utilizada para tratar águas negras, devolvendo ao ambiente um efluente com reduzida carga de patógenos e alta concentração de nutrientes, que pode ser utilizado para adubar árvores, milho, capim dentre outras culturas (GALINDO et al., 2010)

Neste sistema o efluente passa por três caixas d’água por meio de tubos ligados à parte inferior dos reservatórios (Figura 1), sendo que os dois primeiros reservatórios devem ter suas tampas pintadas de preto para garantir altas temperaturas dentro do sistema. Sua manutenção corresponde apenas à colocação de esterco bovino fresco uma vez por mês na “válvula de retenção”. Não há necessidade de nenhuma outra atividade de manutenção, nem mesmo da retirada dos dejetos por caminhão apropriado, como ocorre com outros tipos de

² Tecnologias “on-site” (locais) de tratamento de esgoto são definidas como aquelas usadas para tratar águas residuárias de uma ou várias residências, retornando o efluente tratado de volta para o seu ambiente imediato. (SSWM, 2017).

fossa. Caso não haja interesse de utilizar o efluente para fertirrigação, a terceira caixa do sistema pode ser substituída por um filtro de areia e brita, que irão retirar o excesso de matéria orgânica e sólidos em suspensão antes de sua infiltração no solo (PERMÍNIO, 2013).

De acordo com Silva (2014), o sistema básico é dimensionado para uma residência de até cinco moradores. Porém, pode ser facilmente redimensionado caso haja necessidade, incorporando outros módulos de fermentação, de forma proporcional ao número de moradores. Por exemplo, em uma casa com 10 moradores, pode-se utilizar 6 caixas de 1.000 litros ou 3 caixas de 2.000 litros.

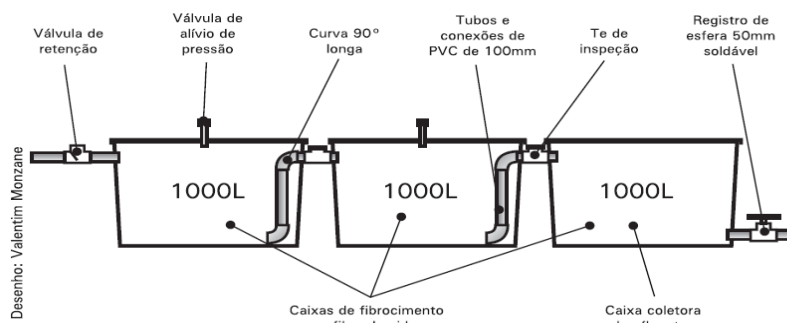


Figura 1- Esquema de funcionamento da Fossa Séptica Biodigestora.

Fonte: Galindo et al. (2010)

b) Jardim Filtrante

O Jardim filtrante é um modelo de wetland horizontal de fluxo subsuperficial (PAOLI, 2010) usado para dar destino às águas cinzas produzidas em uma residência. O sistema, adaptado pela Embrapa (2015) para atuar de forma conjunta com a fossa séptica biodigestora, baseia-se em um pequeno lago preenchido com brita areia e plantas, onde o esgoto é tratado por meio da filtração e da ação dos vegetais. Sua manutenção é muito simples e consiste apenas no cuidado com os vegetais plantados sobre o tanque. Além disso, o sistema funciona como elemento paisagístico e se integra perfeitamente ao ambiente rural.

De acordo com Silva (2013), o Jardim Filtrante deve ter 0,5m de profundidade e necessita de 1 m² de área superficial por habitante para o funcionamento adequado. Seu fundo deve ser impermeabilizado com uma geomembrana de PVC (Policloreto de Vinil), EPDM (Borracha de Etileno Propileno Terpolímero) ou material equivalente.

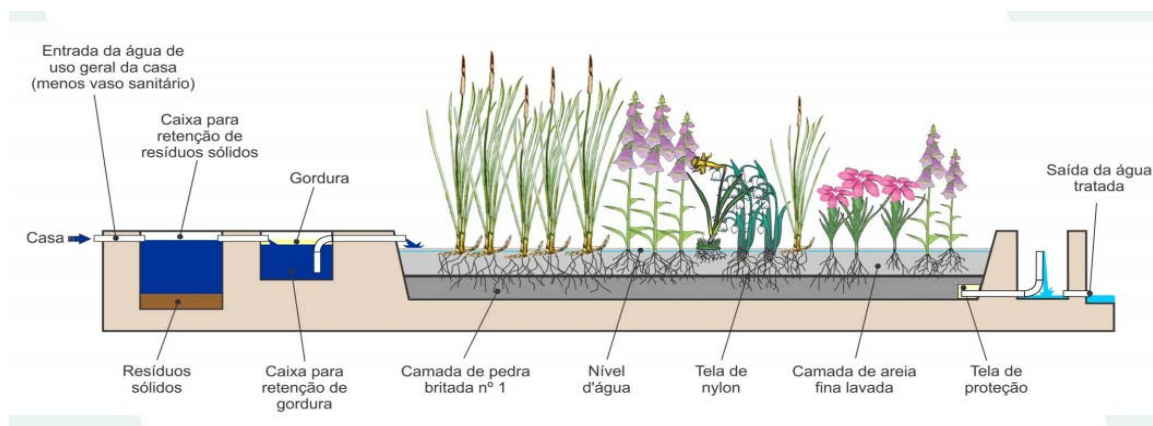


Figura 2 – Esquema de funcionamento dos jardins filtrantes

Fonte: Embrapa (2015)

c) Tanque de Evapotranspiração

O Tanque de Evapotranspiração (TEvap) é um sistema de tratamento para águas negras criado pelo permacultor americano Tom Watson e adaptado por vários permacultores brasileiros ao longo do tempo. É um sistema fechado onde não há saída de água, seja para filtros ou para sumidouros. Nele ocorre a decomposição anaeróbia da matéria orgânica, mineralização, absorção dos nutrientes e da água pelas raízes dos vegetais. Os nutrientes deixam o sistema incorporando-se à biomassa das plantas e a água é eliminada por evapotranspiração. Em suas condições normais de operação não há deflúvio e, portanto, não há risco de contaminação nem do solo nem dos corpos hídricos (GALBIATTI, 2009).

De acordo com Venturi (2004), o dimensionamento utilizado para a construção do TEvap é de 1 a 1,2 m de profundidade, com 10 m² de área – 2 m x 5 m, para uma família de 5 pessoas. Assim, seriam no mínimo 2 m² por pessoa, dependendo do clima da região. Visando solucionar o problema do empirismo utilizado para a construção do tanque, Galbiati (2009) propôs a seguinte equação para seu dimensionamento:

$$A = \frac{n \cdot Q_d}{ET_0 \cdot k_{evap} - P \cdot k_i}$$

Equação (1)

Onde

A = área superficial do tanque, em m²;

n = número médio de usuários do sistema;

Q_d = vazão diária por pessoa, em l.d⁻¹, de acordo com o tipo de descarga e o número de utilizações por pessoa;

k_{evap} = coeficiente de evapotranspiração do tanque;

ET₀ = evapotranspiração de referência média do local, em mm.d⁻¹;

P = pluviosidade média do local, em mm.d⁻¹;

k_i = coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1.

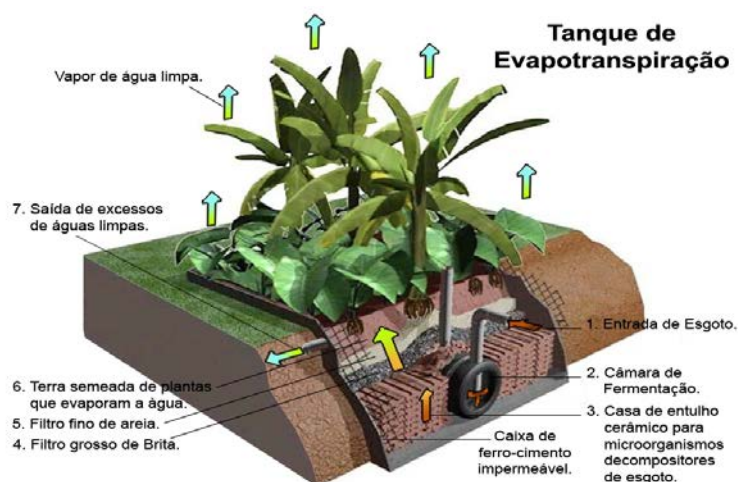


Figura 3 – Esquema de funcionamento de um Tanque de Evapotranspiração

Fonte: Galbiati (2009)

d) Fossa Séptica Evapotranspiradora

A fossa séptica evapotranspiradora consiste na integração de uma fossa séptica convencional com um tanque de evapotranspiração, afim de tratar conjuntamente águas cinzas e negras. A primeira etapa do tratamento consiste na passagem por duas fossas sépticas em série, onde o material sólido do esgoto será sedimentado e digerido. Esta etapa será responsável por uma redução significativa dos sólidos e pela estabilização dos gases, permitindo que o efluente passe para o tanque de evapotranspiração com maior segurança. Assim como o TEvap, em condições normais, este sistema também não produz efluentes. (CARDOSO et al., 2016)

O manejo do lodo produzido na fossa pode ser feito pelo próprio produtor rural, da seguinte forma: primeiramente, retira-se a água da primeira câmara, transferindo-a para a segunda com a ajuda de um balde. Após a retirada do excesso de água, a tampa da primeira câmara permanece aberta até que o restante da água evapore e aconteça a dessecação do lodo. Após ser retirado com a ajuda de uma pá, esse material é misturado com óxido de cálcio (CaO) e depositado sobre o tanque de evapotranspiração como adubo. Durante o período de manutenção a câmara 1 fica inativa e o tubo é conectado diretamente na câmara 2.

Este sistema de tratamento ainda é bastante desconhecido no meio acadêmico, existindo apenas uma apostila técnica que fornece informações sobre seu dimensionamento. Neste sentido, Cardoso et al. (2016) estabelece que a largura padrão do sistema é de 1,4m e sua profundidade é de 1,5m. O comprimento da fossa para atender uma família de aproximadamente cinco pessoas é de 5m, sendo 1m para cada câmara e 3m para o TEvap.

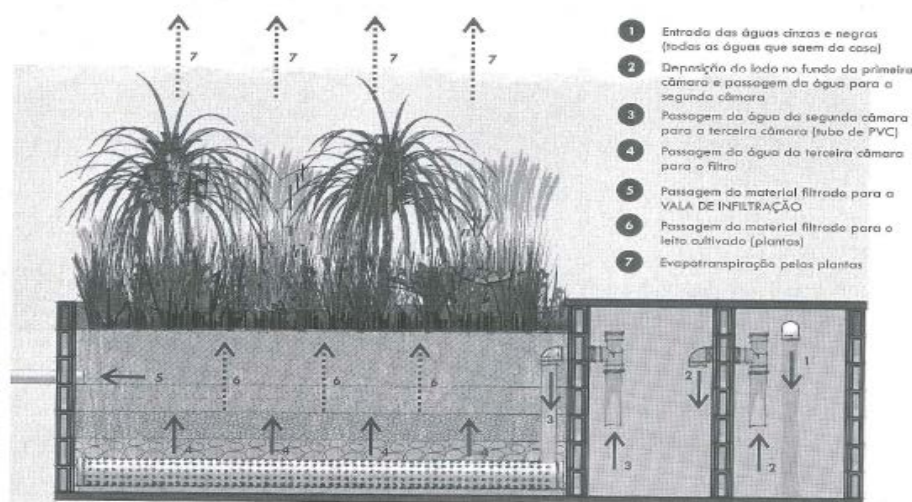


Figura 4 – Esquema de funcionamento da fossa séptica biodigestora. Corte longitudinal vertical.
Fonte: Cardoso et al. (2016)

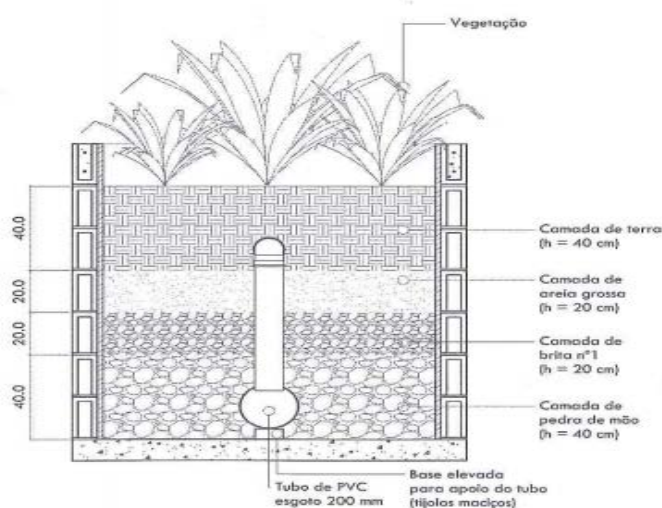


Figura 5 – Estrutura da Fossa Séptica de Evapotranspiração. Corte longitudinal vertical.
Fonte: Cardoso et al. (2016)

e) Círculo de bananeiras

O Círculo de Bananeiras é um sistema de tratamento de águas cinzas proveniente da permacultura, que utiliza apenas materiais biodegradáveis e trabalha reinserindo o esgoto no ciclo natural da água. Para sua construção, deve-se abrir uma vala de 1,4 m de diâmetro e 0,6 m de profundidade, que será preenchida com troncos de

madeira pequenos, galhos médios e palhas, de maneira que se forme um pequeno monte acima da vala. Ao redor da vala, plantam-se de 4 a 6 mudas de bananeiras ou outras espécies que evaporam grandes quantidades de água e se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica (EMATER, 2017).

O princípio de funcionamento do círculo de bananeiras é a absorção de parte da água cinza e de seus nutrientes pelos vegetais e da infiltração de sua outra parte no solo, purificando o efluente e permitindo a recarga do lençol freático. Segundo Kievel et al. (2015) a eficiência do sistema é condicionada a não utilização de produtos químicos na lavagem de roupas e louças e nos banhos.

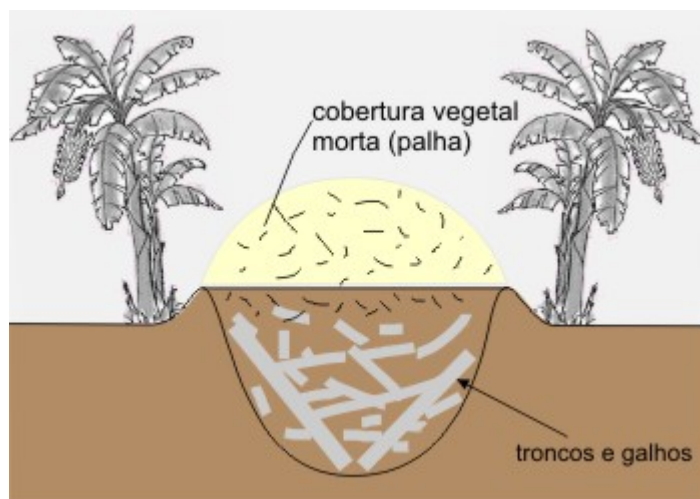


Figura 5 – Esquema de funcionamento do Círculo de Bananeiras

Fonte: Setelombas (2006)

f) Biodigestor modificado Acqualimp

O Biodigestor Acqualimp é uma miniestação de tratamento de esgoto residencial fabricado em polietileno de alta densidade (PEAD) com um sistema de extração do lodo que permite o manuseio e aproveitamento deste resíduo diretamente pelo usuário (ACQUALIMP, 2017). Este biodigestor é fabricado em três tamanhos, com capacidade para 300, 1600 e 3.000 L. O recipiente de 300 L tem 0,9 m de diâmetro, 1,6 m de altura e atende até quatro pessoas, em uma residência com padrão de consumo médio. O processo de tratamento utilizado nesta tecnologia é semelhante ao de uma fossa séptica, descrito com mais detalhes na Figura 6.

De todos os sistemas aqui apresentados, este biodigestor é o único que não se encaixa no conceito de Tecnologia Social proposto pelo ITS (2009), na medida em que é uma tecnologia pensada e vendida por uma empresa privada, e que, portanto, tem como foco não o desenvolvimento social, mas a geração de lucros para um determinado grupo. Todavia, o biodigestor modificado Acqualimp se adequa às três diretrizes para o tratamento de esgoto discutidas neste trabalho e seu design favorece a apropriação dessa tecnologia pela comunidade.

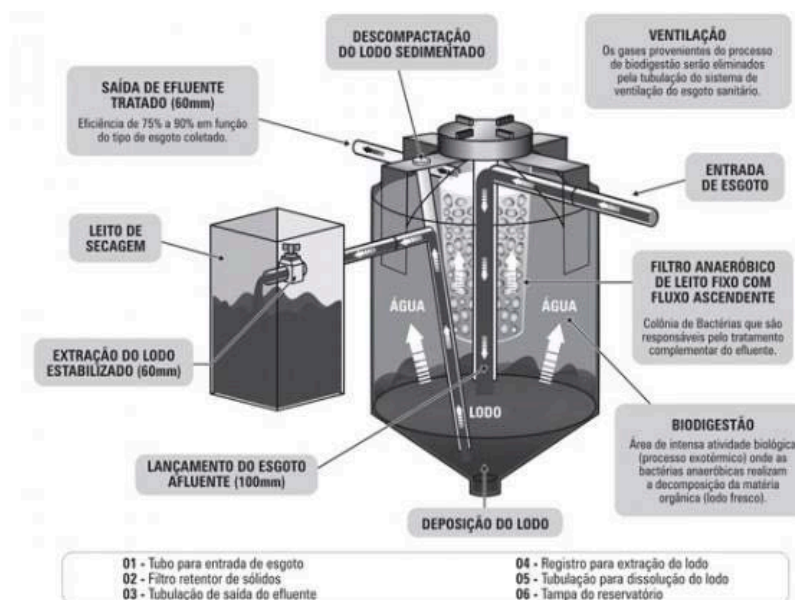


Figura 6 – Esquema de funcionamento do Biodigestor Acqualimp
Fonte: Acqualimp (2017)

Mesmo operando de maneiras distintas, todas as tecnologias apresentadas são baseadas em um fechamento de ciclo, de forma a recuperar os nutrientes, o material orgânico e a energia contida no esgoto para sua posterior utilização. Seja na produção de alimentos ou na manutenção dos serviços ecossistêmicos do local. De maneira geral, estas tecnologias estão intimamente ligadas com os princípios abordados no capítulo anterior (separação na fonte, reuso dos subprodutos e sistemas descentralizados), podendo ser modificadas e (re)construídas nas condições dadas pelo ambiente socioeconômico e cultural específico onde serão utilizadas. Os aspectos positivos e negativos de cada sistema, bem como uma comparação destes com a fossa séptica tradicional estão dispostos na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Tecnologias locais para o Tratamento de Esgoto Sanitário. Comparação com a fossa séptica tradicional.

<i>Tecnologia</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>	<i>Custo*</i>	<i>Referências Bibliográficas</i>
Fossa séptica biodigestora (águas negras)	❖ Baixo tempo de detenção hidráulica; ❖ Baixa produção de lodo; ❖ Suporta taxas altas e baixas de DBO; ❖ Seu efluente pode ser utilizado para fertirrigação. ❖ Possibilidade de aproveitamento do gás metano.	❖ Produção de efluente com baixa qualidade visual; ❖ Possibilidade de produção de odores; ❖ Partida lenta;	R\$1060,00	Permínio (2013) Otenio et al. (2014)

* Custo estimado para um sistema que atenda uma residência com aproximadamente quatro ou cinco pessoas, de acordo com as fontes bibliográficas consultadas.

Jardins Filtrantes – Wetlands (águas cinzas ou pós-tratamento de águas negras)	❖ Fácil manutenção ❖ Tolerante à variação de cargas hidráulicas e de contaminantes; ❖ Eficaz na remoção de nutrientes e patógenos; ❖ Se integra à paisagem natural	❖ Alta demanda de área; ❖ Susceptível à colmatção e salinização do solo; ❖ Necessidade de manejo dos vegetais.	R\$1.200,00	Embrapa (2015) Dornelas (2008)
TEvap (águas negras)	❖ Não possui efluentes; ❖ Aproveita integralmente a energia e nutrientes para a produção de alimentos; ❖ Elemento de paisagismo; ❖ Ausência de odores ❖ Risco de exposição mínimo.	❖ Necessidade de manejo dos vegetais; ❖ Susceptível à colmatção; ❖ Ainda pouco estudado no meio científico.	R\$2.000,00	Galbiati (2009) Pamplona & Venturi (2004)
Fossa séptica Evapotranspiradora (águas negras e cinzas)	❖ Não necessita de separação na fonte; ❖ Não apresenta risco de colmatção; ❖ Apresenta as mesmas vantagens do TEVAP	❖ Necessidade de manejar manualmente o lodo e os vegetais; ❖ Ainda pouco estudada no meio científico.	R\$2.500,00	Cardoso et al. (2016)
Círculo de Bananeiras (águas cinzas)	❖ Simplicidade de construção e manutenção; ❖ Promove a recarga do lençol freático; ❖ Recupera a energia e nutrientes do efluente para a produção de alimentos; ❖ Ausência de odores.	❖ Eficiência condicionada à quantidade de detergente ou demais produtos químicos presentes na água; ❖ Ainda pouco estudada no meio científico.	Não encontrado. O sistema é construído quase totalmente com materiais naturais.	Emater (2017) Kievel et. al. (2015)
Biodigestor Modificado Acqualimp (águas negras e cinzas)	❖ Fácil instalação ❖ Manuseio seguro do lodo, que já está estabilizado ❖ Possibilidade de aproveitamento do efluente e do lodo na agricultura	❖ Produção de efluente com baixa qualidade visual; ❖ Partida lenta	R\$1500,00	Acqualimp (2017)
Fossa Séptica Tradicional (águas negras e cinzas)	❖ Fácil instalação ❖ Resiste às variações de efluente ❖ Não necessita de inóculo	❖ Depende de manutenção externa ❖ Alto índice de falha nos projetos ❖ Negligência dos usuários em sua manutenção ❖ Baixa eficiência de remoção de nutrientes e patógenos.	R\$1500,00	Nascimento & Castro (2005) Jordão & Pessoa (1995)

Desconsiderando a fossa negra como uma forma de tratamento do efluente, hoje em dia a tecnologia para tratamento de esgotos mais presente na área rural é a fossa séptica tradicional, seguida de filtro anaeróbio ou de um sumidouro (SNIS, 2017). Esta tecnologia é bastante consolidada no meio técnico-científico e corriqueiramente utilizada em políticas públicas de saneamento, tanto em cidades quanto no campo. Na maioria das vezes, é a única forma de tratamento de esgoto conhecida pela população leiga.

Segundo Nascimento & Castro (2005), a fossa séptica apresenta uma eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO) que varia de 30 – 60% e uma remoção de coliformes fecais de 20 – 60%. Se corretamente projetado, este sistema apresenta-se como uma boa alternativa ao lançamento direto do efluente no solo ou em corpos hídricos. Contudo, existem diversos fatores técnicos e socioculturais que impedem o funcionamento adequado desses sistemas na área rural. Para Jordão & Pessoa (1995), alguns fatores responsáveis pela queda de sua eficiência são o desconhecimento da manutenção periódica do sistema; a implantação do tanque séptico em locais inadequados; a aversão natural ao manuseio do lodo e a negligência dos usuários devido à ausência de fiscalização dos órgãos competentes.

De forma mais ampla, pode-se dizer que o principal fator que torna inadequado o uso de fossas sépticas (ou de outras tecnologias convencionais) no campo é a falta de apropriação da tecnologia por parte dos usuários, que desconhecem sua forma de funcionamento e negligenciam sua manutenção, transferindo essa responsabilidade para entidades externas.

Outra crítica que se tem sobre o uso de tecnologias convencionais para o tratamento de esgotos é que estas geralmente constituem sistemas “abertos”, por se basearem no uso intensivo de recursos energéticos e emissão de poluentes (FONSECA, 2008). Nessa abordagem, o esgoto é considerado como um produto sem valor que deve ser eliminado o mais rápido possível. Ao mesmo tempo, a indústria de adubo artificial produz fertilizantes com mais gasto de energia ainda, retirando o nitrogênio do ar e fosfatos de minerais naturais. Por outro lado, as tecnologias sociais são sempre pensadas dentro de um viés ecológico de reaproveitamento dos resíduos e utilizam o mínimo possível de recursos externos. Isto porque são pensadas para a emancipação e autonomia da população frente ao capital, seja ele representado pelo estado ou diretamente por empresas privadas (DAGNINO, 2004).

CONCLUSÕES

As diretrizes abordadas neste trabalho tiveram como objetivo contribuir para a democratização dos serviços de saneamento básico, na medida em que priorizam técnicas que fogem da lógica do mercado, dentro da qual a maioria das políticas públicas é implantada em nosso país. Assim, a separação na fonte e a descentralização visam aliar simplicidade e eficácia nos sistemas de tratamento, de forma que as tecnologias de saneamento contribuam para a emancipação do povo camponês e para o desenvolvimento social em sua essência. Por sua vez, a utilização dos subprodutos do tratamento dialoga com a constituição de sistemas auto-sustentáveis, baseados na observação dos ciclos da natureza e na utilização de conhecimentos tradicionais.

Apesar de já existirem hoje diversas tecnologias baseadas em tais princípios, verifica-se a necessidade de estudos científicos que aprofundem essas discussões e validem a utilização de tecnologias sociais em projetos de saneamento na área rural. A maior parte da bibliografia encontrada no Brasil sobre essas tecnologias não é proveniente de pesquisas científicas, ou não apresenta dados concretos sobre o funcionamento das mesmas em médio e longo prazo. Além de mais estudos que tratem da eficiência de remoção de matéria orgânica, nutrientes e patógenos, é necessário investigar de forma mais rigorosa os riscos de contaminação do solo e dos vegetais utilizados nesses sistemas ou cultivados com os subprodutos oriundos deles. Outro desafio é a racionalização de seus dimensionamentos, normalmente baseados em critérios empíricos, que não consideram as particularidades geográficas (e, sobretudo, climáticas) de cada região.

Dos sistemas apresentados, aqueles que possuem maior carência de informações científicas públicas a seu respeito são: a fossa séptica evapotranspiradora, o círculo de bananeiras e o biodigestor modificado Acqualimp.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental – ProAmb/UFOP no desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACQUALIMP. Biodigestor. Manual de instalação. 2017. Disponível em: <http://www.acqualimp.com/wp-content/uploads/2016/01/manual-de-instalacao-biodigestor-acqualimp-1.pdf>. Acesso em: 20/01/2017.
2. ANDREOLI, C. Alternativas de Uso de Resíduos do Saneamento. Projetos PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2006.
3. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 8, de 30 de janeiro de 2015. Estabelece a especificação do Biometano contida no Regulamento Técnico ANP nº 1/2015, parte integrante desta Resolução. 2015.
4. ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Resolução nº 21, de 11 de maio de 2016. Dispõe sobre a utilização de Combustíveis Experimentais em todo o território nacional. 2016.
5. BOTELHO, L et al. Tecnologia Social e políticas públicas para o desenvolvimento: ideias para serem discutidas na Academia. Espacios. v. 35, n. 12. 2014.
6. BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.
7. CAI – Clean Air Institute. “Mudança Climática” in Liderando o Desenvolvimento Sustentável das Cidades. Banco Interamericano de Desenvolvimento. 2015.
8. CARDOSO, F.; BRITO, B.; MACAHO, D.; PIRES, F. Fossa séptica Evapotranspiradora. Orientações técnicas para a construção e manutenção. Belo Horizonte. 2016.
9. CARE INTERNATIONAL – AVINA. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. Módulo 6. Sistemas de Saneamiento Ambiental. Cuenca. Equador. 2012.
10. CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reuso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. 2010.
11. CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece critérios gerais para reuso de água potável. 2005.
12. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 375, de 29 de Agosto de 2006. Define critérios e procedimentos para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados. 2006.
13. COSTA, C.; GUILHOTO, J. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. Artigo Técnico. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. Edição especial. p 51- 60. 2014
14. DAGNINO, R. Tecnologia Social: uma estratégia para o desenvolvimento. Fundação Banco do Brasil. Rio de Janeiro, 2004.
15. DORNELAS, F. Avaliação do desempenho de wetlands horizontais subsuperficiais como pós-tratamento de efluente de reatores UASB. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Belo Horizonte. 2008.
16. EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural. Minas Gerais. Círculo de Bananeiras para Tratamentos de Efluentes Rurais. Série: Ciências Agrárias. 2017.
17. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Agricultura Inteligente e Saneamento Básico Rural. Jardim Filtrante. 2015.
18. FAGUNDES, R.; SCHERER, M. Sistemas Alternativos para o Tratamento Local dos Efluentes Sanitários. Disciplinary Scientia. Série: Ciências naturais e Tecnologias. v. 10, n. 1. Santa Maria. 2009.
19. FLORENCIO, L.; BASTOS, R.; AISSE, M. Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários. Projetos PROSAB. Rio de Janeiro: ABES. 2006.
20. FONSECA, A. Tecnologias Sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil. Dissertação de Mestrado. Ciências na Área da Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz. Escola Nacional de Saúde Pública. Rio de Janeiro. 2008.

21. FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Boletim Informativo: Saneamento Rural. Publicação da Fundação Nacional de Saúde. Ed. nº10. 2011. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wp-content/files_mf/blt_san_rural.pdf. Acesso em: 20/12/2016
22. FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Panorama do Saneamento Rural no Brasil. 2015. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/panorama-do-saneamento-rural-no-brasil/>. Acesso em: 02/01/2017.
23. GALBIATI, A. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Tecnologias Ambientais. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Campo Grande. 2009.
24. GALINDO, N.; da SILVA, W.; NOVAES, AN.; SOARES, M. GALVANI, F. Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora. Documento 49. São Carlos:Embrapa Instrumentação. 2010.
25. ITS- Instituto de Tecnologias Sociais. Caderno de debate: Tecnologia Social no Brasil. Direito à Cidadania e Ciência para a Cidadania. São Paulo, SP: ITS, 2004. 40 p. Disponível em . Acessado em 15/06/2016.
26. JORDÃO, E.; PESSOA, C. Tratamento de Esgotos Domésticos. 4 ed. Rio de Janeiro: SEGRAC. 2005.
27. KAMINSKY, J.; JAVERNICK-WILL, M. Contested Factors for Sustainability: Construction and Management of Household On-Site Wastewater Treatment Systems. Journal of Construction Engineering and Management. Vol. 139. N.12. 2013.
28. KIEVEL, M.; PRIEBE, N.; FOFONKA, L. Alternativas Sustentáveis para o Tratamento Adequado do Esgoto Doméstico no Município de Arroio dos Padres/ RS. 2015. Disponível em: <http://www.revistaaea.org/pf.php?idartigo=2261>. Acesso em: 03/02/2017.
29. KRONEMBERGER, D.; JUNIOR, J. Análise dos impactos na saúde e no Sistema Único de Saúde decorrentes de agravos relacionados ao esgotamento sanitário inadequado nos municípios brasileiros com mais de 300.000 habitantes. Trata Brasil. Saneamento e Saúde. 2010. Disponível em: http://www.tratabrasil.org.br/novo_site/cms/templates/trata_brasil/files/estudo_completo.pdf Acesso em: 20/02/2017.
30. LEMES, J. et al. Tratamento de Esgoto por meio de Zona de Raízes em comunidade rural. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais. PUCPR. v. 6, n. 2, p. 169-179. Curitiba. 2008.
31. LENS, P.; ZEEMAN, G.; LETTINGA, G. Decentralized Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation. IWA Publishing. UK.tech. 2001.
32. MASSOUD, M.; TARHINI, A.; NASR, J. Decentralizes approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. Journal of Environmental Management. v.90, n.1. 2008.
33. MAURER, M. Specific net present value: na improved method for assessing modularisation costs in water services with growing demand. Water Res. N. 43. V. 8. 2009.
34. MOUSSAVI, G.; KAZEMBEIGI, F.; FARZADKIA, M. Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. Process Safety and Environmental Protection, v.88, n.1, p.47-52. 2010
35. NASCIMENTO, D.; CASTRO, D. Influência das fossas sépticas na contaminação do manancial subterrâneo por nitratos e riscos para os que optam pelo auto-abastecimento como alternativa dos sistemas públicos de distribuição de água. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande. 2005.
36. OMS – Organização Mundial da Saúde. WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and graywater. Genebra. 2006.
37. ONU – Organização das Nações Unidas. Relatório sobre os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. 2015.
38. ORTUSTE, F. Living without sanitary sewers in Latin America - The business of collecting fecal sludge in four Latin American cities. World Bank, Water and Sanitation Program. p. 12. Lima. 2012.
39. OTENIO, M.; SOUZA, F.; LIGORIO, O.; FAZZA, E.; SOARES, G.; BERNARDO, W.; MAGALHAES, V. Como montar e usar a fossa séptica Biodigestora. Brasília – DF: Embrapa Gado e Leite. 2014.
40. PAMPLONA S & VENTURI M. (2004) Esgoto à flor da terra. Permacultura Brasil. Soluções ecológicas. V16.
41. PAOLI, A.C. Análise de Desempenho e comportamento de wetlands horizontais de fluxo subsuperficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2010.

42. PERMINIO, G. B. Viabilidade do uso de Biodigestor como tratamento de efluentes domésticos descentralizados. Monografia. Curso de Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2013.
43. PETERS, M. R. Potencialidades de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Florianópolis. 2006.
44. PIRES, F. Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no assentamento rural Olga Benário – MG. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2012.
45. RIBEIRO, J. Reuso de efluentes na agricultura. Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho.” Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. 2013. Disponível em: <http://wwwp.feb.unesp.br/eduoliv/Seminarios2013/?action=download&file=L0phcXVlbGluZS9SRVVTTyBOQSBBR1JJQ1VMVFVSQSBGSU5BTC5wZGY=>. Acesso em: 20/02/2017
46. RIDDERSTOLPE, P. Introduction to greywater management. Uppsala: Stockholm Environment Institute, 2004.
47. RODRÍGUEZ, L. B. El tratamiento descentralizado de aguas residuales domésticas como alternativa sostenible para el saneamiento periurbano en Cuba. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, vol. XXX, nº. 1, 2009.
48. ROEFS, I.; MEULMAN, B.; VREEBURG, J.; SPILLER, M. Centralised, decentralized or hybrid sanitation systems? Economic evaluation under urban development uncertainty and phased expansion. Water Research. v.109. p 274- 286. 2017.
49. SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Revista DAE: Comunidades Isoladas Exigem um Saneamento sob Medida. nº 187. São Paulo. 2011.
50. SANTOS, R. et al. Abordagem descentralizada para concepção de Sistemas de Tratamento de Esgoto Doméstico. Revista Eletrônica de Tecnologia e Cultura. 16ª Ed. 2015.
51. SETELOMBAS. Estação de Permacultura. Círculo de Bananeiras. 2006. Disponível em: <http://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras/>. Acesso em: 20/11/2016.
52. SILVA, W. Jardim Filtrante: o que é e como funciona. Embrapa. 2013. Disponível em: http://saneamento.cnpdia.embrapa.br/downloads/Jardim_Filtrante_%E2%80%93_O_que_%C3%A9_e_como_funciona_%E2%80%93_Wilson.pdf. Acesso em: 10/03/2017
53. SILVA, W. Saneamento Básico Rural. ABC da Agricultura Familiar. Brasília- DF: Embrapa. 2014.
54. SNIS- Sistema Nacional de Informações do Saneamento Básico. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2015. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento/Ministério das Cidades, 2017.
55. SSWM. Sustainable Sanitation and Water Management. Glossary. 2017. Disponível em: <http://www.sswm.info/es/glossary/2/lettero>. Acesso em: 10/05/2017.
56. UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World. 2015.
57. UNESP – Universidade do Estado de São Paulo. Tipos de Revisão de Literatura. Faculdade de Ciências Agronômicas UNESP. Botucatu. 2015. Acesso em: 02/01/2017. Disponível em: <http://www.fca.unesp.br/Home/Biblioteca/tipos-de-revisao-de-literatura.pdf>
58. USEPA – United States Environmental Protection Agency. Guidelines for water reuse. Washington. 2004.
59. USEPA - United States Environmental Protection Agency. Handbook for Managing Onsite and Clustered (Decentralized) Wastewater Treatment Systems. Office of Water. Washington. 2005.
60. VENTURI, M. Experiência de Extensão: tratamento de esgoto que produz alimentos. 2004 Disponível em: <http://agroecologia.ufsc.br/material>. Acesso em: 04/03/2017.