



REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

VISÃO GERAL SOBRE AS TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS DO SANEAMENTO RURAL NO TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS NO BRASIL ENTRE 2008 E 2018

* Luana Celeste Silva¹
Aurélio Pessoa Picanço²

OVERVIEW ON SUSTAINABLE RURAL SANITATION TECHNOLOGIES IN THE TREATMENT OF SANITARY WASTE IN BRAZIL BETWEEN 2008 AND 2018

Recibido el 21 de noviembre de 2020. Aceptado el 7 de mayo de 2021

Abstract

The sustainable technologies for the proper treatment of domestic sewer can be used as alternative ways for rural populations or sporadic communities where there is no community sewage system, but the use of individual sanitation solutions is possible. The methodology used was exploratory and documentary seeking information on the subject in databases of periodic, thesis bank and dissertations. The purpose of this is to show some sustainable alternatives to avoid the gross sewer from being released directly into the receiving water body. As a result, 52 studies were found, in all, the alternatives meet what is proposed, and may highlight the wetlands method, which besides being the most studied technology, and 32.69% of the works were about this technology, it is economically more viable and implantation can add value to property and services.

Keywords: *biodigester sump, dry toilet, green sump, surface runoff, wetland.*

¹ Programa de Pós-Graduação em Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Tocantins (UFT).

² Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins (UFT).

*Autor correspondente: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Tocantins, 103 Sul Rua SO 9 Lote 9. Palmas-TO, Brasil. Email: luanacelestesilva@gmail.com

Resumo

As tecnologias sustentáveis para o tratamento adequado do esgoto doméstico podem ser utilizadas como formas alternativas para que as populações rurais ou em comunidades esporádicas onde não há um sistema comunitário de esgotamento sanitário, mas que a utilização de soluções sanitárias individuais seja possível. A metodologia utilizada foi de caráter exploratória e documental buscando informações referentes ao tema em base de dados de periódicos, banco de teses e dissertações. O objetivo do trabalho visa apresentar algumas alternativas sustentáveis para evitar que o esgoto bruto seja lançado diretamente no corpo hídrico receptor. Como resultado, foram encontrados 52 trabalhos, em todos, as alternativas atendem no que se propõe, podendo destacar o método zona de raízes, que além de ser a tecnologia mais estudada, uma vez que 32,69% dos trabalhos foram sobre esta tecnologia, é economicamente mais viável e a implantação pode agregar valor aos bens e serviços.

Palavras chave: fossa biodigestora, banheiro seco, fossa verde, escoamento superficial, zona de raízes.

Introdução

O esgotamento sanitário, apesar de ser um serviço de saneamento básico essencial para a promoção da saúde da população e para a proteção do meio ambiente, no Brasil não está acessível para todos os cidadãos e isso está se tornando um dos maiores problemas ambientais da população brasileira, sendo as regiões mais afetadas e, conseqüentemente, que estão mais vulneráveis a doenças causadas por contaminações advindas de falta de saneamento é a região rural do Brasil (Funasa, 2011).

Conforme Rezende, Sales e Porto (2019) áreas rurais e periferias de centros urbanos são os locais mais afetados com a falta dos serviços de saneamento e ainda afirmam que esse padrão histórico se deve à supremacia da política pública voltada apenas para o desenvolvimento nas áreas urbanas que começou na década de 1970.

É considerado uma comunidade/zona rural o local onde a população apresenta características distintas da urbana, residente fora dos limites urbanos (Funasa, 2011) e esgotamento sanitário é o conjunto de atividades, transporte, tratamento, infraestruturas e instalações operacionais de coleta e disposição final dos esgotos sanitários, das ligações prediais para o seu lançamento final no corpo receptor (meio ambiente) (Brasil, 2007).

Conforme afirma Sartori (2017), no Brasil, mesmo sendo um direito assegurado pela Constituição, o saneamento básico é ainda um desafio tanto em capitais como no interior por não beneficiar todos os cidadãos. Conforme assegurado nacionalmente: o abastecimento de água potável, a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, o esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e a limpeza urbana, mediante a Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, os serviços devem ser acessíveis a toda a população, independente da área de habitação (Brasil, 2007).

Porém, mesmo com o serviço garantido pela Constituição Federal e por Lei Federal, afirma Contrera, Tomaz e Chaves (2019) que com os baixos valores referentes aos índices de atendimento dos serviços sanitários, principalmente ao tratamento de esgoto, pode considerar-se que a universalização ainda está muito distante.

O meio rural é caracterizado por abrigar populações mais carentes e conseqüentemente com menor acesso às medidas de aneamento, tendo aproximadamente 25% de sua população vivendo em extrema pobreza (Resende; Ferreira e Fernandes, 2018). De acordo com informações do TrataBrasil, nas áreas rurais pouco é possível saber os indicadores de esgoto, pois o mais comum é que os contratos de prestação de serviços são limitados às áreas urbanas. Com isso. Os pequenos aglomerados, incluindo a zona rural tenham atendimento precário, ou até mesmo não usufruem dos serviços de saneamento básico.

De acordo com os dados do IBGE (Pnad, 2015) aproximadamente 8% das residências rurais que foram pesquisados estão conectados à rede coletora de esgoto e que 13% não utilizam nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto. Dentre os domicílios que possuem alguma forma de tratamento, 58% adotam alternativas consideradas inadequadas para o esgotamento sanitário, tal como o lançamento do esgoto em diversos inadequados locais, como por exemplo valas e corpos d'água. Assim, é possível concluir que há uma considerável diferença da zona urbana para a zona rural do Brasil, quando o assunto é saneamento básico. É fácil observar e verificar que o meio rural é a região mais desfavorável, tanto no abastecimento de água, quanto tipo de esgotamento utilizado (Silveira, 2013).

De acordo com a engenheira Mônica Bicalho Pinto Rodrigues, para a matéria jornalística Saneamento Rural: desafio que exige novas soluções da Revista DAE, alguns fatores que justificam a falta de saneamento básico na zona rural são: a crítica viabilidade econômica, a exigência de diferentes soluções tecnológicas e a falta de técnicos especializados para lidar com diferentes soluções alternativas.

Coelho, Reinhardt e Araujo (2018) afirmam que o setor de saneamento básico não está sendo uma das prioridades no Brasil, sobretudo o esgotamento sanitário e ao tratamento de esgotos. Ainda ressaltam que procedimentos realizados em prol do saneamento rural é caracterizado como uma forma de minimizar as emissões de cargas poluidoras, de conservar a qualidade dos recursos hídricos e de, conseqüentemente, desenvolver socioeconomicamente a região que possui o serviço, uma vez que exercem impactos recíprocos (de caráter epidemiológico e ambiental).

Historicamente, o Brasil tem o investimento em saneamento básico realizado de forma centralizada nos grandes centros urbanos, assim, as outras regiões ficam prejudicadas pela mínima, ou até mesmo pela ausência, oferta dos serviços públicos de saneamento básico, conforme justificativas do poder público federal. (Kievel; Priebe e Fofonka, 2015). Especialistas

estimam que para cada R\$ 1 investido em saneamento, R\$ 4 são economizados no tratamento das doenças causadas pela ausência do saneamento básico, assim, pode-se dizer que o acesso ao saneamento básico pode salvar vidas. (Funasa, 2011).

No entanto, devido aos problemas ocasionados mediante à falta de esgotamento sanitário, as tecnologias são medidas que estão sendo desenvolvidas e adotadas, com meios viáveis, para promover saneamento básico rural para as pessoas que não possuem acesso à rede pública direta da companhia, assim, uma forma de conceder o serviço básico para uma determinada população, seja ela individual (residência) ou coletiva (quadra ou até mesmo bairro).

Conforme Panorama do Saneamento Rural no Brasil (Funasa, 2017), todas as regiões do Brasil, já possui um número significativo de utilização de outras formas de esgotamento sanitário, além da rede geral ou fossa séptica e a fossa rudimentar, que são as tecnologias de fácil instalação e manutenção e com uma taxa alta de eficiência.

As tecnologias alternativas para o tratamento do esgoto, baseadas em sistemas simplificados e sustentáveis, estão cada vez mais ganhando uma vasta aplicabilidade, com esse déficit de esgotamento sanitário em algumas regiões, uma vez que está apresentando vasta vantagens, inclusive sobre os sistemas convencionais, por obter baixos custos de implantação, de operação e de manutenção (Brasil, 2006). E ainda, os sistemas que é possível utilizar meios naturais no processo, não necessita de mão de obra especializada, de materiais com custo elevado, de materiais industrializados, materiais químicos, e ainda pode apresentar baixo custo energético.

O cenário socioeconômico brasileiro permite que sejam imprescindíveis os investimentos em desenvolvimento de tecnologias alternativas de baixo custo e com boa eficiência para o tratamento das águas residuais residenciais. No entanto, a apresentação e o incentivo para que a população necessitada de esgotamento sanitário, possa ter acesso aos mais diversos tipos de sistema de saneamento básico é de suma importância, inclusive para a preservação ambiental, portanto, vários trabalhos científicos são elaborados acerca do assunto sobre tratamento de efluentes descentralizado, por exemplo, fossa séptica biodigestor, o círculo de bananeiras, banheiro seco, fossa verde, escoamento superficial no solo, zona de raízes, e outros que estão sendo publicados em periódicos, revistas, anais de eventos e outros (Rochele Sabei; De Jesus Bassetti, 2013).

Portanto, o trabalho objetiva-se, em analisar e apresentar algumas características das alternativas sustentáveis para o tratamento de esgoto sanitário em zona rural. Para tal, houve um levantamento de um aparato bibliográfico, demonstrando a importância do saneamento básico, técnicas e tecnologias sustentáveis para a população residente na área rural ou na região carente de saneamento básico, mais especificamente do serviço de tratamento de esgoto.

Metodologia

A metodologia adotada para realizar este estudo consistiu em buscas e levantamentos bibliográficos de textos/artigos científicos publicados em periódicos disponibilizados nas bases de dados: CAPES, Google acadêmico, Scielo, teses e dissertações disponíveis no portal da UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), USP, UFMG, UFSC e UNB. E pesquisas em manuais publicados pelo portal da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e da Funasa (Fundação Nacional de Saúde).

A busca foi realizada mediante os filtros disponíveis no sítio dos períodos: por assunto e as palavras-chave utilizadas na língua portuguesa foram: saneamento rural; tratamento de efluentes; escoamento superficial; zona de raízes; jardim filtrante; banheiro seco; fossa verde; tanque séptico e fossa biodigestor. Para as buscas em inglês foi utilizada a palavra-chave: wetlands.

Foram identificados artigos, teses e dissertações em formato de resultados de pesquisas de natureza empírica e experimental ou conceitual, análises e avaliações de tendências teórico-metodológicas em saneamento, resultados parciais ou preliminares de estudos originais ou avaliativos contendo dados e informações inéditas e relevantes para a saúde pública e estudos de revisão bibliográfica acerca dos temas pesquisados.

Foram identificados 52 textos, sendo eles: artigos (revisão crítica, atualização, resultados de pesquisas de natureza empírica e experimental ou conceitual, análises e avaliações de tendências teórico-metodológicas em saneamento); trabalhos de conclusão de curso de graduação (TCC); teses e dissertações de mestrado. Vale ressaltar que aproximadamente 32.69% dos trabalhos estudados são referentes a tecnologia de zona de raízes e o que obteve um índice mais baixo de análise dos trabalhos foi as tecnologias de fossa verde e tanque séptico, tendo cada alternativa 7.69% de trabalhos analisados. As outras tecnologias obtiveram as seguintes porcentagens de trabalhos como resultados: 11.53% referente a banheiro seco, 17.30% sobre escoamento superficial e por fim, 13.46% dos trabalhos estudados refere-se a fossa séptica biodigestora.

Os resultados dos trabalhos foram submetidos a quatro etapas de seleção para a produção deste trabalho, sendo elas:

1. Consulta e classificação dos trabalhos: identificar possíveis aproximações das abordagens apresentadas com as alternativas de tecnologia no tratamento dos efluentes.
2. Exclusão de alguns textos: uma vez que não ofereceram contribuição ao estudo, possuía conteúdo distinto do foco deste trabalho e período de publicação anterior ao ano de 2008.
3. Classificação das consultas: realizadas para identificação de dados que possibilitassem a caracterização das fontes de produção a partir das variáveis: a) tipo de texto (artigo, tese ou dissertação); b) ano de publicação (mais antigo para o mais recente); c) quesitos estudados no trabalho.

4. Interpretação e análise: dos resultados de cada estudo. A partir dos resultados obtidos nestas etapas de classificação e análise de trabalhos foi possível realizar a análise final com base nos referenciais teóricos citados.

Resultados e Discussões

Tecnologia: Banheiro Seco

De acordo com Alves (2009), a tecnologia do banheiro seco é utilizada em alguns países, como os Estados Unidos, Canadá, Suécia, Noruega, Nova Zelândia, Inglaterra e Austrália. Ainda afirma que o processo de compostagem para tratar e sanitizar os dejetos humanos é capaz de reduzir em partes ou total o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento dos resíduos. Entretanto, conforme Magri (2013), o banheiro seco não se faz utilização de água para o transporte ou descarte das excretas e sim, normalmente, utiliza um material para cobrir as fezes após a defecação. E que, esse tipo de banheiro pode contar com o segregador, uma espécie de vaso sanitário, que realiza a separação de fezes e urina humana.

A tecnologia do banheiro seco faz parte do saneamento ecológico e descentralizado. Possui uma eficiência quanto a uma considerável redução de água no processo e na produção de adubo orgânico. São constituídos por sanitários, que faz a utilização de uma mistura seca, que auxilia no processo de tratamento, e mictórios, que faz a utilização de água algumas vezes para higienização e/ou diluição da urina (Lemos, 2010).

De acordo com Tonetti *et al.* (2018), as fezes e o papel higiênico serão confinados na câmara ou na bombona/balde e após cada vez que for utilizado, deve-se jogar uma quantidade baixa de material seco, como por exemplo: serragem, folhas secas ou até mesmo papel picado, caso falte algum desses materiais, pode-se utilizar cal. E ainda afirma que para coletar urina pode-se utilizar um vaso separador ou mictório, porém deve ser tratada de forma isoladamente para aplicação na agricultura ou até mesmo juntamente com as águas cinzas.

Para Porto e Steinfeld (2000), utilizando um banheiro seco, que esteja devidamente construído e operando dentro dos conformes, é possível haver uma redução de 10 a 30% de volume dos resíduos sólidos se comparado com o volume original. Com o processo ativo, pode-se diminuir o tamanho do coletor, uma vez que a eficiência da compostagem é maior e o processo é acelerado e com isso o volume de material é reduzido consideravelmente. Entretanto, os sistemas passivos são para qualificar o processo com o seu design, assim permite-se que a temperatura ambiente, a gravidade, o tempo e o tamanho do coletor possam controlar todo o processo.

Banheiros de processo passivo, onde o processo ocorre de forma natural, podendo ser em ambiente fresco com temperaturas até 20°C, são comumente definidos como banheiro de

decomposição, sendo que, quando produzido e aplicado de forma correta, o composto orgânico poderá ser um material de qualidade boa, capaz de melhorar as características físicas e físico-químicas do solo (Corrente; Nogueira e Costa, 2001).

A tecnologia do sistema do banheiro seco, pode ser a única solução para regiões onde o abastecimento de água é escasso, precário ou oneroso ou para regiões muito pobres, há também uma considerável redução do volume dos resíduos sólidos, a não poluição da água, a utilização da urina como fertilizante agrícola, esses resultados advindos do uso deste sistema, poderá ser grandes incentivadores para que os órgãos de saúde e os governos públicos valorizem e liberem mais recursos para ser possível mais estudos, aplicação e aprimoramento desta tecnologia. (Alves, 2009).

No primeiro momento, após a adoção do banheiro seco, o objetivo é evitar o uso de fossas negras, assim, melhorando o saneamento básico e em um segundo momento reutilizar os dejetos compostados na fertilização do solo. Além disso, por não haver lançamento desses dejetos na água do rio, essa técnica é considerada como segura ambientalmente (Silva e Alencar, 2014).

Na Figura 1 é apresentado esquema de funcionamento de sanitário seco compostável de alvenaria.



Figura 1. Esquema de funcionamento de sanitário seco compostável – alvenaria.

Fonte: Teixeira e da Motta (2008).

Tecnología: Escoamento Superficial

O sistema de tratamento por escoamento superficial é uma tecnologia viável, pois possui parâmetros operacionais e construtivos simples, que pode permitir uma alternativa ao tratamento de esgotos das pequenas comunidades rurais e urbanas existente no Brasil e na América Latina. É um método de tratamento de esgoto que consiste em dispor o efluente líquido na parte superior de terrenos que possuem uma baixa declividade e permeabilidade. O terreno é coberto por uma vegetação onde o efluente percorre por gravidade, onde uma pequena parcela do fluxo é eliminada mediante evapotranspiração e a maior parte do fluxo é coletada na base do declive, quanto a percolação pode ser insignificante, uma vez que o sistema é para solos com baixa permeabilidade. À medida que o efluente está escoando pelo terreno coberto com a vegetação, os sólidos suspensos são “filtrados” e a matéria orgânica passa pelo processo de oxidação através dos micro-organismos que estão estabelecidos na cobertura das plantas e do solo, assim, destaca que há necessidade de um tratamento preliminar para realizar a remoção dos sólidos grosseiros, evitando que as tubulações sejam entupidadas e os equipamentos da estação se danifiquem. Além do adequado tratamento dos esgotos residenciais, é possível a geração de uma água para reuso no cultivo de diversos produtos e um grande volume de biomassa produzida pode ser aplicada no enriquecimento do solo agrícola ou até mesmo na alimentação de animais (Tonetti *et al.*, 2009).

O desempenho do tratamento pelo método de escoamento superficial é totalmente dependente do solo, das características do efluente, da vegetação que faz a cobertura do solo, da carga hidráulica e orgânica, da inclinação e comprimento da rampa e do clima do local (Taebi e Droste, 2008). A eficiência de remoção de sólidos suspensos está inversamente relacionada com o valor da taxa de aplicação de efluente bruto, assim, a remoção se torna mais eficaz quando há o decréscimo da taxa de aplicação (Foco; De Souza e Nour, 2018). O desempenho desse tipo de sistema possui vários estudos, por diversos autores distintos, sendo que os dados obtidos nos resultados destes trabalhos mostram que o sistema pode obter uma redução de aproximadamente 90% da DBO5 e dos sólidos suspensos totais (SST), entre 70 a 90% de nitrogênio e entre 40 a 60% de fósforo total (Taebi e Droste, 2008).

Para concluir Milen (2014) afirma que uma das finalidades de estação de tratamento de esgoto é a de que elas representem barreiras sanitárias que seja capaz de proteger o meio ambiente, assim, é de suma importância que essas estações, sejam projetadas de modo que seja integrada ao ecossistema ao qual foram incluídas e representem uma solução definitiva e eficaz, que seja possível dar destino final à fase sólida e líquida dos esgotos, de forma que a natureza não sofra impactos graves. Os processos de tratamento de esgotos por disposição no solo estão sendo utilizados, tanto para a remoção de cargas poluidoras, como para a fertilização das terras. Dessa forma, de uma única vez, consegue atingir custos reduzidos, atingir a eficiência pretendida pelos tratamentos convencionais, a utilização dos nutrientes contidos nos esgotos como fertilizantes e o aumento da disponibilidade de água para reuso na atividade agrícola.

De acordo com Ribeiro *et al.*, (2009) a disposição de águas residuárias no solo é capaz de elevar consideravelmente a produtividade das culturas, aperfeiçoar a qualidade dos produtos colhidos, estimular melhorias em algumas propriedades físicas do solo, além de possibilitar uma redução na poluição ambiental (Nazario, 2014).

A Figura 2 apresenta um esquema simplificado do sistema de tratamento utilizando o método de escoamento superficial.

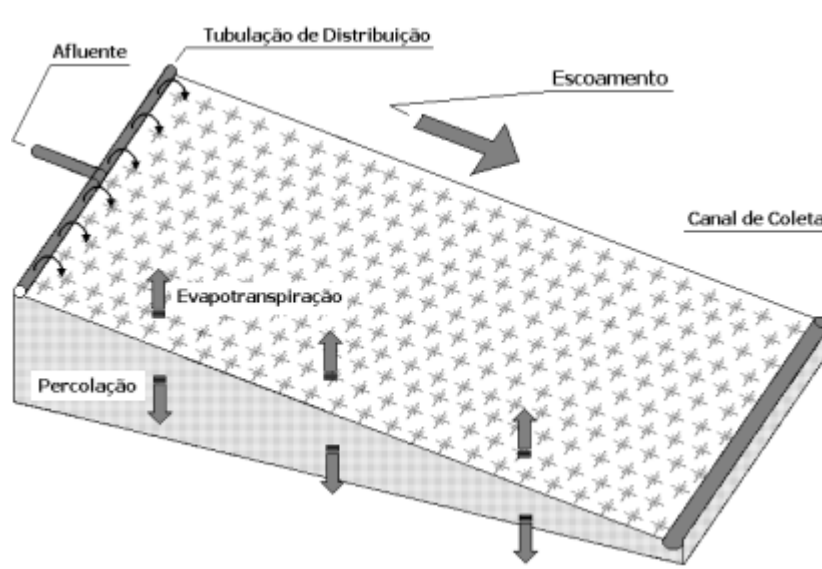


Figura 2. Esquema de uma rampa de escoamento superficial no solo.

Fonte: Tonetti *et al.* (2009).

Tecnologia: Fossa Verde

Conforme da Silva e Netto (2014), um dos principais objetivos da fossa verde é tratar o esgoto doméstico, dessa forma irá prevenir a contaminação do solo, contaminação do lençol freático e evitando que haja esgoto ao céu aberto e ainda é possível reduzir a carga orgânica que será despejada no rio após ser realizado o tratamento do esgoto.

Segundo Galbiati (2009), para a execução da fossa verde, que é também comumente conhecida por canteiro biosséptico, é basicamente na abertura de uma vala de alvenaria de várias dimensões e impermeabilizada, que deve apresentar sua estrutura interna em forma de câmara com os furos dos tijolos inclinados em um ângulo de 30°, aproximadamente. O esgoto é movido para dentro da câmara, escoar para a parte externa dessa estrutura, que deve ser preenchida com materiais porosos, que fazem o papel de um filtro, como por exemplo: entulho, casca de coco e material terroso, local onde serão

cultivadas as plantas (Araújo, 2012). Afirma da Silva e Netto (2014) que essas plantas podem ser frutíferas, comum ser bananeira, pimentão e mamoeiro, resultando em um “fruto limpo” e sem presença de gás (Araújo, 2012), inclusive pesquisas da Universidade Federal do Ceará (UFC) apontam que os frutos são próprios para consumo humano.

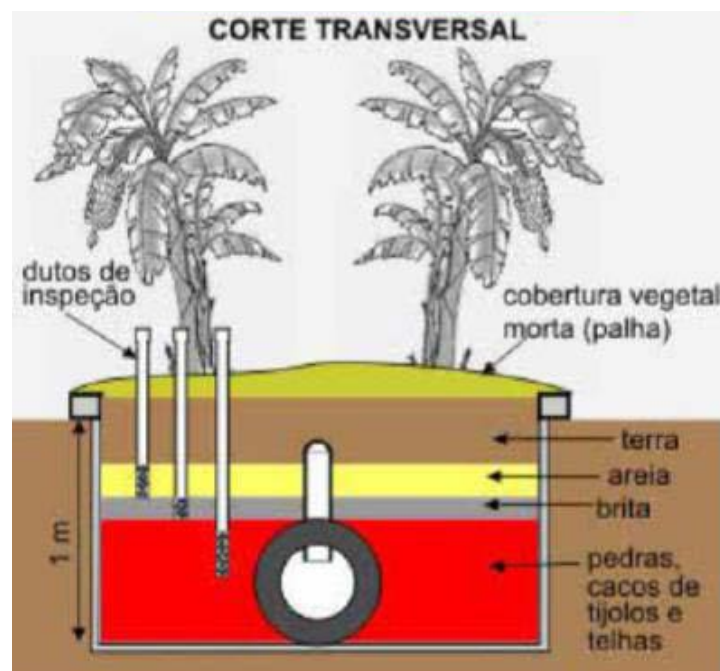


Figura 3. Esquema de uma fossa verde canteiro biosséptico.

Fonte: ABES Informe (da Silva e Netto, 2014).

Quanto ao preenchimento da câmara interna, Oliveira Netto (2012) afirma ainda que poderá ser realizado com pneus triturados, entulhos, ou outro material inerte de grande granulometria e de baixo custo. Logo acima desta camada de preenchimento, devem ser inseridos, de forma sucessiva, materiais mais finos, por exemplo, brita e areia. E acima da camada de material filtrante, deve ser realizado a camada do solo preparado para o plantio das plantas, seja acomoda-se o solo preparado para plantio. É importante salientar a necessidade de instalação de dutos que servem de inspeção e coleta do material existente no interior da unidade de tratamento. (da Silva e Netto, 2014).

Pode-se conceituar o módulo de fossa verde como um modelo alternativo de tratamento de efluente domiciliar que possibilita o reúso da água em quintais produtivos, desta forma podendo contribuir consideravelmente com o saneamento rural. Esse sistema exige baixa demanda de manutenção, uma vez que é necessário apenas a remoção do lodo da câmara de digestão, ou

seja, realizar a limpeza do sistema a cada cinco anos e quatro meses. De acordo com a análise microbiológica dos vegetais comestíveis plantados na camada correta, uma vez que tem seus processos preparados em altas temperaturas (fervura e o consumo em forma de chá), define que os produtos que foram cultivados são passíveis para consumo humano e a qualidade sanitária depende do cuidado com a manipulação dos vegetais e com as práticas higiênicas para evitar a contaminação cruzada dos alimentos (Coelho; Reinhardt e Araujo, 2018).

Assim, da Silva e Netto (2014) afirmam que com a facilidade de manutenção, baixo custo, praticidade e eficiência, torna o método de tratamento de efluentes por meio da fossa verde uma possibilidade para a zona rural, inclusive para a área urbana carente do serviço de saneamento público, assim, possibilitando uma melhor qualidade de vida e saúde.

Tecnologia: Tanque Séptico

Tonetti *et al.* (2018) afirma que tanque séptico é uma espécie de tratamento para água de vaso sanitário ou esgoto doméstico, assim pode receber vários tipos de esgotos, com exceção de água pluvial e despejos que podem causar interferência ruim no tratamento, como por exemplo, água de piscinas e de lavagem de reservatórios de água. Ainda afirma quanto as características deste sistema: formado por uma câmara que deve armazenar o esgoto por um determinado tempo, para que possa proporcionar uma sedimentação do material sólido e a flutuação de gorduras e óleos. Os sólidos sedimentados formam o lodo do tanque, alojando os micro-organismos que são os responsáveis pela degradação da matéria orgânica do esgoto. O esgoto tratado que sai do tanque séptico deve receber um tratamento complementar, podendo ser sistemas alagados construídos, filtro anaeróbio, filtro de areia e vermifiltros.

O tanque séptico deve ser dimensionado e executado de forma correta para que cumpra a sua principal função: ser um bom reator para o tratamento primário dos esgotos, além da facilidade de sua operação, manutenção, construção e obter um baixo custo econômico. A norma técnica brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT-NBR 7229/93 é responsável pelo conteúdo de orientação técnica para o dimensionamento do tanque séptico.

O processo de sedimentação, e após algum tempo de funcionamento, o processo de digestão anaeróbia são considerados os dois principais processos de tratamento dos esgotos em um tanque séptico, assim, é possível observar a relação direta com o lodo sedimentado (Funasa, 2014).

A implantação de um sistema constituído por tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia é apto para realizar o tratamento de esgoto doméstico até de uma pequena comunidade. O efluente final possui qualidade para atender o que está disposto na NBR 15900:2009: reuso da água para o amassamento de concreto, apresentando também índices favoráveis, desde que

passa pelo processo de desinfecção por conta dos compostos nitrogenados, ao uso para contato direto na disposição no solo na agricultura (Gomes, 2015).

Quanto a eficiência desta tecnologia, na purificação do esgoto, foi de 13% nos níveis de DBO e de DQO e de 99.9946% na contagem de coliformes termotolerantes (Almeida; Pitaluga e Reis, 2010). Quanto aos sólidos em suspensão totais, afirma Colares e Sandri (2013) que o tratamento do tanque séptico atendeu a resolução CONAMA nº 430/2011 no quesito lançamento de esgoto sanitário.

A Figura 4 representa um esquema com os principais componentes de um tanque séptico.



Figura 4. Esquema com os principais componentes de um tanque séptico.

Fonte: FUNASA (2014).

Tecnologia: Zona de Raízes

É considerado um sistema de tratamento local com grande potencialidade para ser utilizado, principalmente em áreas rurais ou pouco adensadas carente de sistema de saneamento básico público. O sistema de tratamento de esgoto por zona de raízes é físico-biológico, pois é capaz de combinar os processos de filtração física, das camadas de areia e pedras, com um biofiltro, realizado pelas plantas. Para este tipo de estação, é necessário haver um tratamento primário para remover os sólidos sedimentáveis. Para o tanque de zona de raízes com o sistema de fluxo vertical, o esgoto bruto é lançado por uma tubulação perfurada na superfície do tanque, assim o efluente percola verticalmente pelas camadas, entrando em contato com as raízes das plantas e com as camadas de areia e pedras de diferentes granulometrias. No fundo do tanque, o líquido é recolhido por outra rede perfurada e conduzido ao seu destino final. Na superfície do tanque deve ser impermeabilizado, para evitar a contaminação do solo ou até mesmo do lençol freático (Scherer; Fagundes e Lemos, 2010).

Na Figura 5 é possível observar o esquema de um corte da proposta de jardim filtrante com macrófitas emergentes.

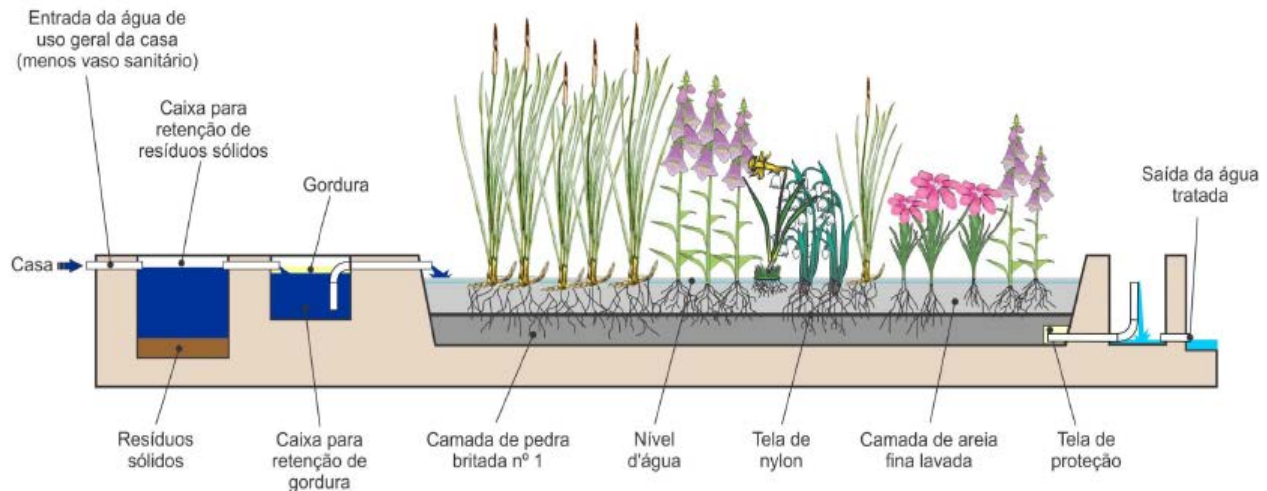


Figura 5. Esquema de um corte da proposta de jardim filtrante com macrófitas emergentes.
Fonte: EMBRAPA, 2013.

Este tipo de tratamento vem sendo utilizado no mundo todo, uma vez que o mesmo é eficaz na remoção dos nutrientes fósforo e nitrogênio, se comparado com o tratamento usual (Morel *et al.*, 2016). Segundo Lohmann (2011) a ETE também é eficiente para a remoção de bactérias heterotróficas e fungos totais, com maior densidade na região das raízes e menor densidade no filtro de areia e no efluente tratado. Com uma altura considerável do filtro de areia também é capaz de remover os coliformes totais e *E. coli*.

Conforme Scherer, Fagundes e Lemos (2010), possui uma execução simples e de baixo custo, uma vez que pode ser construído com materiais de fácil acesso, podendo até ser produtos reaproveitados de construção, como por exemplo, pedaços de tijolos descartado em contêiner. Não exige uma demanda de manutenção alta, apenas vistorias para evitar entupimentos nas canalizações e na substituição de plantas não-adaptadas. Não há gastos com energia elétrica, por funcionar utilizando apenas a força da gravidade. Apesar de estar em fase experimental, o tratamento vem apresentando condições favoráveis para o efluente poder ser devolvido a natureza, sem oferecer risco de contaminação de mananciais ou solo.

Conforme Rodrigues, Lapolli e dos Santos (2015), este sistema foi capaz de satisfazer os princípios da tecnologia social e sustentável, por obter uma manutenção e operação facilitada e principalmente por ter obtido índices satisfatórios quanto a remoção de poluentes, segundo os padrões legais. Outro fator que vale ressaltar é o paisagismo agradável advindos das plantas presentes no tratamento por zona de raízes podem oferecer, além do controle de odores, pois as próprias raízes funcionam como filtro (Lohmann, 2011).

Tecnología: Fossa Séptica Biodigestora

Conforme Galindo *et al.* (2010), esta tecnología é um sistema de biodigestão anaeróbica para tratar água do vaso sanitário (esgoto sanitário – fezes e urina), não pode ser introduzido a ele qualquer outro resíduo, de uma residência rural com até 5 habitantes.

As fossas sépticas biodigestoras é capaz de se responsabilizar pelo saneamento básico na área rural, uma vez que é capaz de tratar as fezes e a urina que são depositadas no vaso sanitário da residência. O processo é feito mediante a biodigestão, processo este que utiliza esterco bovino fresco ou de outro animal ruminante, para eliminar micróbios e bactérias dos dejetos expelidos pelo ser humano (de Freitas, 2015).

Como vantagem do sistema, Galindo *et al.* (2010) afirma que o tratamento do esgoto sanitário eficaz e de baixo custo para os produtores rurais é destaque. O efluente líquido tratado que sai da fossa pode ser utilizado no cultivo de plantas e dessa forma contribuir para uma agricultura sustentável, pois esse sistema possui condições favoráveis de funcionamento, desde que em área rural e com o tipo de esgoto a ser tratado adequado, fezes e urina, assim detectado pelas análises físico-químicas e as análises de macronutrientes demonstraram a capacidade fertilizante do efluente para o cultivo de plantas (de Freitas, 2015). Assim, Gonçalves (2012) afirma que os biodigestores, sendo instalados de forma correta, oferece alternativa para minimizar a contaminação dos recursos hídricos pelos dejetos domiciliares.

A Figura 6 apresenta um esquema do sistema da fossa séptica biodigestora. No Quadro 1 apresenta-se um panorama das alternativas estudadas de tratamento de efluentes utilizadas em comunidades rurais, com algumas características e eficiências. A Figura 7 apresenta informações relacionadas aos custos de implantação de algumas tecnologias estudadas e apresentadas na seção “Resultados e discussões” deste trabalho.

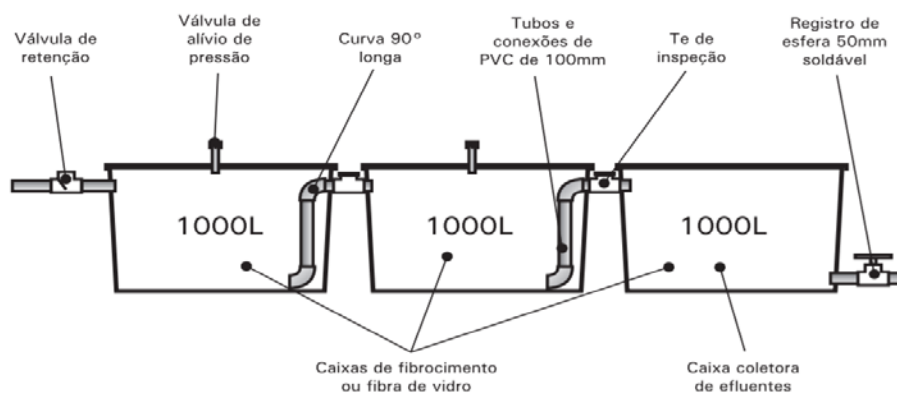


Figura 6. Esquema do sistema da fossa séptica biodigestora.

Fonte: Galindo *et al.*, 2010.

Quadro 1. Relação de trabalhos estudados e suas características.

Tecnologia	Autor (es)	Tipo de esgoto tratado.	Tipo de sistema.	Necessita de unidade de pré-tratamento?	Remoção de matéria orgânica.	O lodo terá que ser removido?	Frequência de manutenção.	Área necessária para instalação do sistema.
Banheiro Seco	Alves (2009), Magri (2013), Porto e Steinfeld (2000), Lemos (2010), Corrente; Nogueira e Costa (2001), Silva e Alencar (2014) e Tonetti <i>et al.</i> (2018).	Apenas fezes (sem a presença de água) e dependendo da estrutura pode coletar a urina para um tratamento isolado.	Unifamiliar ou semicoletivo.	Não necessita de nenhum tipo de pré-tratamento.	Não se aplica.	Não, mas podendo haver a produção de composto.	Demanda uma frequência alta de manutenção: 5 ou mais vezes por ano.	3 a 5 m ² , área necessária para até 5 pessoas.
Escoamento Superficial	Tonetti <i>et al.</i> (2009), Foco; de Souza e Nour (2018), Taebi e Droste (2008), Milen (2014) e Tonetti <i>et al.</i> (2018) e Nazario, (2014).	Esgoto doméstico, substituindo a fossa rudimentar.	Apropriado para o tratamento de esgotos de uma residência.	Primeiro, necessita de um gradeamento para não entupir a tubulação do sistema	Sim, a matéria orgânica fica retida na vegetação.	Não gera lodo e não produz maus odores.	Depende da quantidade de esgoto lançado no sistema de tratamento, quanto maior o fluxo, maior a demanda de manutenção: alteração da rampa e da vegetação.	Depende da quantidade de esgoto que será lançado no sistema de tratamento, porém autores afirmam que quanto maior a inclinação e o comprimento da rampa, melhor o desempenho do sistema de tratamento.
Fossa Verde	da Silva e Netto (2014), Araújo (2012), Coelho; Reinhardt e Araújo (2018) e Tonetti <i>et al.</i> (2018).	Águas de vaso sanitário.	Unifamiliar.	Não necessita de nenhum tipo de pré-tratamento.	Sim, uma alta remoção de matéria orgânica.	Se ocorrer a produção de lodo, o mesmo deverá ser retirado.	Demanda uma frequência baixa de manutenção.	7 a 10 m ² , área necessária para até 5 pessoas.
Tanque Séptico	Tonetti <i>et al.</i> (2018), Almeida; Pitaluga e Reis (2010), Colares e Sandri (2013) e Gomes (2015).	Águas de vaso sanitário, águas cinzas ou esgoto doméstico.	Unifamiliar ou semicoletivo.	Não necessita de nenhum tipo de pré-tratamento.	Sim, uma média remoção de matéria orgânica.	Sim, é necessário a retirada do lodo.	Demanda uma frequência baixa de manutenção: 1 vez por ano.	1.5 a 4 m ² , área necessária para até 5 pessoas.
Zona de Raízes	Rodrigues, Lapolli e dos Santos (2015), Lohmann (2011), Scherer, Fagundes e Lemos (2010), Morel <i>et al.</i> (2016).	Esgoto proveniente de pias, tanques e chuveiros, ricos em sabões, detergentes, restos de alimentos e gorduras (água cinza).	Unifamiliar.	Primeiro necessita de um tratamento, podendo ser tanque séptico, para remoção dos sólidos Sedimentáveis.	Sim, a eficiência de remoção de matéria orgânica, medida através da DBO e DQO, é elevada.	Não produz lodo.	O manejo das plantas deve ser feito para minimizar a reprodução desenfreadamente e que saturam o sistema.	A área superficial do jardim filtrante mínima é de 1 m ² /habitante.
Fossa Séptica Biodigestora	Galindo <i>et al.</i> (2010), de Freitas (2015) e Tonetti <i>et al.</i> (2018) e Gonçalves (2012).	Águas de vaso sanitário.	Unifamiliar.	Não necessita de nenhum tipo de pré-tratamento.	Sim, uma média remoção de matéria orgânica.	Não há necessidade de retirar o lodo.	Demanda uma frequência alta de manutenção: 5 ou mais vezes por ano.	10 a 12 m ² , área necessária para até 5 pessoas, onde deve conter, no mínimo, 3 caixas d'água de 1000 L cada. Para mais pessoas, deve-se aumentar proporcionalmente, ao número de moradores, o tamanho e/ou a quantidade da caixa d'água. Por exemplo, um sistema para 10 pessoas utiliza-se 6 caixas de 1000 L cada ou 3 caixas de 2000 L cada.

Conclusão

Pode-se perceber que muitos artigos e trabalhos foram desenvolvidos sobre os temas estudados, podendo até considerar um grande aproveitamento do conteúdo, pois a maioria com resultados concretos e positivos. Nada é transformado de forma rápida, porém, é válido ressaltar que com a utilização das tecnologias sustentáveis apresentadas é possível evitar o desperdício de água e a contaminação das águas por dejetos expelidos pelos seres humanos.

O ambiente rural exige da tecnologia de tratamento de esgoto algumas características para que estes sejam capazes de tratar as águas residuárias até que se tornem um efluente passível de ser despejado de maneira segura e eficiente na natureza, podendo-se citar: necessita de soluções de baixo custo, necessita de soluções de fácil instalação, necessita de soluções de fácil manutenção, necessita de soluções que não poluam o ar, necessita de soluções que se mostre resiliente e estável, entre outros.

Apesar de todos os sistemas demonstrar um grau de eficiência elevado, assim os tornando tratamento eficiente, combinando o desempenho ambiental e econômico, é necessário examinar as múltiplas variáveis de cada tecnologia sustentável para a escolha do sistema de tratamento do esgoto mais adequado para cada caso, para que seja adotado a técnica mais compatível com o tipo de esgoto a ser tratado, recursos naturais e até mesmo com o recurso financeiro disponível para a implantação e manutenção do sistema.

A tecnologia de tratamento de esgotos por zona de raízes, se destaca neste trabalho pelo fato de obter: um baixo custo de execução, operação, manejo e manutenção do sistema; uma eficaz remoção de matéria orgânica, de sólidos suspensos, de nitrogênio e de fósforo, uma considerável remoção dos patógenos; e a biomassa gerada poder se transformar em atividade econômica (criação de produtos artesanais). No entanto, a tecnologia é capaz de promover uma melhor qualidade de vida e amenizar o déficit de saneamento básico.

Contudo, observa-se que o saneamento rural está sendo atendido numa velocidade menor do que nas áreas urbanas, pelo fato da falta de incentivo por parte do poder público, pela falta de incentivo da implantação da tecnologia de tratamento de esgoto e também pela falta de instruções para as pessoas da comunidade rural, pois o que torna inviável a construção da tradicional rede de tratamento de esgoto é a baixa concentração de pessoas que vivem na mesma área. No entanto, a população dessas áreas merecem e necessitam o mesmo comprometimento do poder público quanto a questão de saneamento, uma vez que isso interfere na saúde do povo e deve haver incentivo para essas pessoas poderem adotar tecnologias alternativas, pois as pessoas do campo devem também proteger os recursos ambientais e entender de educação ambiental e sanitária.

Referencias bibliográficas

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993) *NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos*. Diário Oficial da União, publicada em setembro de 1993, 15 pp.
- Almeida, R. A., Pitaluga, D. P. S., Reis, R. P. A. (2010) Tratamento de esgoto doméstico por zona de raízes precedida de tanque séptico. *Revista Biotécnicas*, **16**(1), 73-81. Acesso em 12 agosto de 2019, disponível em: <http://docplayer.com.br/5136169-527-Tratamento-de-esgoto-domestico-por-zona-de-raizes-precedida-de-tanque-septico.html>
- Alves, B. S. Q. (2009) *Banheiro seco: análise da eficiência de protótipos em funcionamento*. Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina. Acesso em 08 agosto de 2019, disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/132311/20091-barbaraSQAlves.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brasil, Presidência da República Casa Civil (2007) *Lei Federal nº 11.445 - Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico*, Publicação Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília – DF, 05 de janeiro de 2007. Acesso em 08 de Agosto de 2019, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm
- Chaves, V. T., Tomaz, F. A., Contrera, R. C. (2019) Avaliação do desempenho de uma tecnologia apropriada para o saneamento rural. *Revista DAE*, **67**(220), Edição especial. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.063>
- Coelho, C. F., Reinhardt, H. e Araujo, J. C. de. (2018) Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. *Revista Eng. Sanit. Ambient.* [online], **23**(04), 801-810. Acesso em 10 de abril de 2019, disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41522018170077>
- Colares, C. J. G., Sandri, D. (2013) Eficiência do tratamento de esgoto com tanques sépticos seguidos de leitos cultivados com diferentes meios de suporte. *Revista Ambient. Água*, **8**(01), 172-185. Acesso em 12 de agosto de 2019, disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/fQQzVmHCGB4QRf5SMC8xywH/abstract/?lang=pt>
- Corrente, J. E., Nogueira, M. C. S., Costa, B. M. (2001) Contrastes ortogonais na análise do controle de volatilização de amônia em compostagem. *Sci. agric., Piracicaba*, **58**(02), 407-412. Acesso em 08 de agosto de 2019, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000200027&lng=en&nrm=iso
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde (2006) *Manual de Saneamento*, Ministério da Saúde, 408 pp.
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde (2014) *Operação e Manutenção de Tanques Sépticos – Lodo. Manual de boas práticas e disposição do lodo acumulado em filtros plantados com macrófitas e desinfecção por processo térmico*, Departamento de Engenharia de Saúde Pública (DENSP), Coordenação-Geral de Cooperação Técnica em Saneamento (CGCOT), 36 pp.
- da Costa, C. C., Guilhoto, J. J. M. (2014) Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Eng. Sanit. Amb.*, **19**(spe), 51-60. Acesso em 11 de março de 2020, disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/BgphQvGzL4kKqDQDsYXPG8P/abstract/?lang=pt>
- da Silva, M. R. P., Netto, A. O. (2014) A utilização de fossas verdes para o saneamento básico desenvolvimento sustentável no Nordeste. *VI Simpósio de Engenharia de Produção*. 566 Sergipe, Brasil.
- de Araújo, J. C. (2015) Biorremediação vegetal do esgoto domiciliar em comunidades rurais do semiárido: “Água limpa, saúde e terra fértil”, *Revista Produção e Desenvolvimento*, **1**(3), 103-113.
- de Freitas, G. A., Pereira, M. A. B., de Bessa, N. G. F., Carneiro, J. S. da S., da Conceição, R. C. N., Cerqueira, F. B. (2015) Eficiência do tratamento de fossa séptica biodigestora do Assentamento Rural Vale Verde, Gurupi-TO. *XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*. Natal, Brasil.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2013) *Jardim filtrante. O que é e como funciona*, EMBRAPA Instrumentação, 43 pp.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2010) *Perguntas e respostas: fossa séptica biodigestora*, Série Documentos, 32 pp.

- del Porto, D., Steinfeld, C. (1999) *Composting Toilet System Book: A Practical Guide Pollution to Choosing, Planning, and Maintaining Composting Toilet Systems*. Center of Ecological Prevention, Concord – MA – USA, 234 pp.
- Foco, M. L. R., de Souza, E. S., Nour, E. A. A. (2018). Tratamento de esgoto sanitário por escoamento superficial no solo: remoção de metais. *Revista Eng Sanit Ambient*, **4**(23), 823-832. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018135318>
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde (2017) *Panorama do Saneamento Rural no Brasil*. Acesso em 09 de abril de 2019, disponível em: <http://www.funasa.gov.br/panorama-do-586-saneamento-rural-no-brasil>
- FUNASA, Fundação Nacional de Saúde (2011) *O desafio de universalizar o Saneamento Rural*, Publicação da Fundação Nacional de Saúde, 12 pp.
- Gomes, B. G. L. A. (2015) *Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia*, Tese de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, 138 pp.
- Gonçalves, G. L. F. (2012) *Biodigestores: uma alternativa para reduzir a contaminação das águas pelo esgoto*, Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso, Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família, Universidade Federal de Minas Gerais, 33 pp.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017) *Proposta de classificação dos espaços rurais e urbanos no Brasil: tipologia municipal*, Coordenação de Geografia, 8 pp. Acesso em 09 de abril de 2019, disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv100643.pdf>
- Kievel, M. G., Priebe, N. C., Fofonka, L. (2015) Alternativas sustentáveis para o tratamento adequado do esgoto doméstico no município de Arroio do Padre/RS. *Revista Educação Ambiental em Ação*, (54). Acesso em 10 de abril de 2019, Disponível em: <http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=2482>
- Lemos, S. S. (2010) *Estudo de Banheiro Seco de Capacitação para sua Implantação e Aproveitamento dos Subprodutos Gerados*, Trabalho de Conclusão, Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal Santa Catarina, Florianópolis, 67 pp.
- Lohmann, G. (2011) *Caracterização De Uma Estação De Tratamento De Esgoto Por Zona De Raízes Utilizando Variáveis Abióticas E Microbiológicas*, Tese de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 93 pp.
- Magri, M. E. (2013) *Aplicação de processos de estabilização e higienização de fezes e urina humanas em banheiros secos segregadores*, Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 195 pp.
- Milen, L. C. (2014) Tratamento de esgoto doméstico pelo método de escoamento superficial no solo: Uma revisão de literatura. *Revista Verde (Pombal - PB - Brasil)*, **9**(5), 26 – 33.
- Morel, E. D. C., Barbosa, O. A., Biondo, P., Migliorini, G., Niklevicz, R. R. (2016) Análise da eficiência do tratamento de esgoto por zona de raízes na remoção de nutrientes, *CONTECC – 2016, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia 2016*, Foz do Iguaçu – PR, Brasil.
- Nazario, A. A., Garcia, G. O., dos Reis, E.F., Mendonça, E. S., Melline, J. G. B. (2014) Acúmulo de nutrientes por forrageiras cultivadas em sistema de escoamento superficial para tratamento de esgoto doméstico. *Revista Ambient. Água, Taubaté*, **9**(1), 97-108. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1210>
- PNAD, Pesquisa Nacional por Amostra a Domicílio. (2015) *Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2015/IBGE*, Coordenação de Trabalho e Rendimento, 627 Rio de Janeiro-Brasil, 108 pp.
- Porto, B. B., Sales, B. M., Rezende, S. (2019) Saneamento basico em contextos de agricultura familiar. *Revista DAE*. **6**(220), 52-69. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.055>
- PSB, Portal Saneamento Básico (2017) *Saneamento básico nos centros urbanos x zona rural*. Acesso em 19 de agosto de 2019, disponível em: <https://www.saneamentobasico.com.br/saneamento-basico-nos-centros-urbanos-x-zona-rural/>
- Resende, R. G., Ferreira, S., Fernandes, L. F. R. (2018) O saneamento rural no contexto brasileiro. *Revista Agrogeoambiental, Pouso Alegre*, **10**(1), 129-150. <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n120181027>

- Rochele Sabei, T., de Jesus Bassetti, F. (2013) Alternativas ecoeficientes para tratamento de efluentes em comunidades rurais. *Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 9(11), 487-503. <http://dx.doi.org/10.17271/198008279112013692>
- Rodrigues, E. B., Lapolli, F. R., dos Santos, M. A. A. (2015) Tratamento de esgoto por zona de raízes: experiência vivenciada numa escola rural do município de Campos Novos/SC. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)*, 5(2), 47-55.
- Roland, N., Tribst, C. C. L., Senna, D. A., Santos, M. R. S., Rezende, S. (2019) A ruralidade como condicionante da adoção de soluções de saneamento básico. *Revista DAE*, 6(220), 15-36. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.053>
- Sabei, T. R. (2013) *Implementação de uma estação de tratamento de esgoto por zona de raízes na comunidade rural Colonia Mergulhao, Sao Jose dos Pinhais – PR*, Trabalho de Conclusão de Curso, Programa de Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente, 30 pp.
- Scherer, M. J., Fagundes, R. M., Lemos, P. R. (2010) Tratamento de efluentes com sistema de zona de raízes: estudo de caso em residência rural. *2º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente*. Bento Gonçalves – RS, Brasil.
- Saneamento Rural: desafio que exige novas soluções. (2019) Materia jornalística. *Revista DAE*. 6(220), 6-14. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.052.654>
- Silva, A. C., Alencar, M. H. B. C. (2014) Social technology aimed at promoting of the health in a community of São Luís-Ma, Brazil. *Saúde Transform. Soc., Florianopolis*, 5(1), 66-72.
- Silveira, A. B. G. (2013) Explorando o déficit em saneamento no Brasil: evidências da disparidade urbano-rural. *Revista Água & Sociedade*, (10), 37-48. <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n10.2013.12122>
- Smith, Richard Eilers. (2015) *Avaliação de um banheiro seco com vaso segregador em Florianopolis – SC*. Dissertação mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, 140 pp.
- Taebi, A., Droste, R. L. (2008) Performance of an overland flow system for advanced treatment of wastewater plant effluent, *Journal of Environmental Management*, 88(4), 688-696. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.03.038.665>
- Tonetti, A. Luiz et al. (2018) *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas referencial para a escolha de soluções*, 1ª edição, Biblioteca Unicamp, Campinas - SP, 153 pp.
- Tonetti, A. L., Cerqueira, R. S., Coraucci Filho, B., Von Sperling, M., de Figueiredo, Roberto F. (2009) Tratamento de esgotos de pequenas comunidades pelo método de escoamento superficial do solo. *Teoria e Prática na Engenharia Civil*, (13), 69-79. Acesso em 10 de abril de 2019, disponível em: http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art8_N13.pdf
- TrataBrasil, Blog sobre tratamento básico (2018) *O Abastecimento de água e esgotamento sanitário nas áreas rurais*. Acesso em 10 de abril de 2019, disponível em <https://www.tratabrasil.org.br/blog/2018/07/31/abastecimento-saneamento-rural>
- Vianna, T. C., Mesquita, T. C. R., Rosa, A. P. (2019) Panorama do emprego de tanques sépticos e filtros anaeróbios no tratamento descentralizado de efluentes no Sudeste brasileiro. *Revista DAE*, 6(220), 157-172. <https://doi.org/10.4322/dae.2019.062>
- WHO/UNICEF, World Health Organization/United Nations Children's Fund (2015) *Progress on sanitation and drinking water – 2015 update and MDG assessment*, Program evaluation I. World Health Organization, II. UNICEF, 90 pp.