

Bacia de Evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário

Evapotranspiration toilet: a safe and sustainable treatment for black water

- **Data de entrada:**
10/05/2019
- **Data de aprovação:**
05/08/2019

Isabel Campos Salles Figueiredo | Ariane Corrêa Barbosa | Caroline Kimie Miyazaki |
Jerusa Schneider | Raúl Lima Coasaca | Taína Martins Magalhães | Adriano Luiz Tonetti*

DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.059>

Resumo

A bacia de evapotranspiração (BET) é uma das possíveis soluções para tratamento de esgoto em comunidades rurais e outras áreas isoladas. Ainda pouco difundido, esse sistema destaca-se por aliar plantas com grande potencial de evapotranspiração ao tratamento biológico realizado por bactérias anaeróbias, produzindo pouca quantidade de lodo e gerando pouco ou nenhum efluente final. Dessa forma, é possível o aproveitamento da água e de grande parte dos nutrientes contidos no esgoto doméstico pelas plantas do sistema, sem necessidade de pós tratamento ou de contato direto dos usuários com o efluente. O presente estudo avaliou a eficiência e a operação de uma unidade implantada em uma área rural de Campinas (SP). A BET construída apresentou eficiência de remoção acima de 90% para DQO e DBO, acima de 98% para turbidez e sólidos suspensos totais e de 58% para fósforo. Além disso, o trabalho aborda aspectos sociais como a facilidade de construção e manutenção desse sistema de tratamento de esgoto e a aceitação da tecnologia pelos usuários. **Palavras-chave:** Bacia de evapotranspiração. Fossa verde. Tratamento descentralizado. Saneamento rural. Tratamento de esgoto. Reúso. Saneamento ecológico.

Abstract

The evapotranspiration toilet (EVT) is one of the possible solutions for sewage treatment in rural communities or isolated areas. Although the system is still poorly widespread, it stands out for not generating final effluent or large amounts of sludge. Thus, it is possible for plants to use most of the nutrients contained in domestic wastewater, without the need of post treatment or manual contact with the effluent. This study evaluates the operation, treatment capacity of the technology implemented in the rural area of Campinas (Brazil). The systems' removal efficiency is over 90% for COD and BOD, above 98% for turbidity and total suspended solids and 58% for phosphorus. In addition, the paper discusses the user acceptance of the technology constructive and maintenance characteristics. **Keywords:** *Evapotranspiration toilet. Decentralized treatment. Rural sanitation. Sewage treatment. Reuse. Ecological sanitation.*

Isabel Campos Salles Figueiredo – Bióloga. Mestre em Ecologia. Doutora na área de Saneamento. Trabalha com permacultura, educação ambiental e saneamento ecológico.

Ariane Corrêa Barbosa – Engenheira Química. Doutoranda em Saneamento em Ambiente pela Universidade Estadual de Campinas.

Caroline Kimie Miyazaki – Engenheira Ambiental pela EESC-USP. Mestranda em Engenharia Civil na FEC/Unicamp. Prestou consultorias ambientais no Brasil e EUA.

Jerusa Schneider – Mestre e Doutora em Ciência do Solo. Atua na área de Microbiologia do Solo e Ambiental, Biorremediação e Sustentabilidade Agrícola e Ambiental.

Raúl Lima Coasaca – Engenheiro químico. Mestre em Saneamento e Ambiente pela FEC/UNICAMP. Especialista em bioprocessos. Possui experiência em análise de dados.

Taina Martins Magalhães – Engenheira Química pela Unicamp. Mestre em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp.

Adriano Luiz Tonetti – Professor da FEC/Unicamp. Atua na área de saneamento descentralizado e remoção e uso de nutriente de águas residuais.

***Endereço para correspondência:** Rua Saturnino de Brito, 224. Cidade Universitária Zeferino Vaz - Campinas - SP. CEP: 13083-889. Caixa Postal: 6143. Telefone: (19) 3521-2369. E-mail: tonetti@unicamp.br.

1 INTRODUÇÃO

A Bacia de evapotranspiração (BET) consiste em um tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de material filtrante e plantado com diversas espécies vegetais (GALBIATI, 2009). A tecnologia também é conhecida como Ecofossa, Fossa Verde, Fossa Bioséptica, Fossa Evapotranspiradora, Fossa de Bananeira, Canteiro Bio-séptico e Tanque de Evapotranspiração (Tevap) (FIGUEIREDO, SANTOS e TONETTI, 2018).

Alguns autores definem a BET como uma forma de *wetland* (ALCOCER et al., 2015; PAULO et al., 2013), enquanto outros a consideram um sistema mais complexo e completo que envolve um decanto-digestor, um filtro anaeróbio e uma zona de raízes (FUNASA, 2018). Dentro do sistema ocorrem processos naturais de degradação da matéria orgânica, mineralização e absorção de nutrientes, além da evapotranspiração da água pelas plantas e pelo solo (GALBIATI, 2009). Uma importante vantagem do sistema é propiciar a reciclagem de água e de nutrientes por meio da produção de biomassa e alimentos (PAMPLONA e VENTURI, 2004).

O design da BET foi inicialmente desenvolvido por John Watson (VIEIRA, 2010), que elaborou um sis-

tema de evapotranspiração para águas de vaso sanitário e/ou cinzas que eliminava a necessidade de um tanque séptico e uma vala de infiltração (JENKINS, 2005). Esse sistema ficou conhecido internacionalmente como *Watson Wick* (JENKINS, 2005) e foi divulgado no Brasil a partir de 2000 por Scott Pitman (PAMPLONA e VENTURI, 2004) e, alguns anos mais tarde, por Jorge Timmerman (GALBIATI, 2009), mas foi o artigo de Pamplona e Venturi (2004) o responsável por disseminar a tecnologia no campo da permacultura (CAMPOS, 2018).

A BET (Figura 1) é formada por uma caixa de alvenaria impermeabilizada, com uma estrutura interna em forma de câmara, cujo exterior é preenchido por materiais filtrantes diversos (FUNASA, 2015). O efluente entra no sistema pela câmara localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, as camadas de material filtrante, onde ocorre a digestão anaeróbia. Com o aumento do volume de esgoto, o efluente em processo de tratamento passa a preencher também as camadas superiores até atingir a areia e o solo através da qual se move por ascensão capilar até a superfície onde espécies vegetais selecionadas são plantadas. Por meio da evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, enquanto os nutrientes são incorporados à biomassa dos vegetais (GALBIATI, 2009).

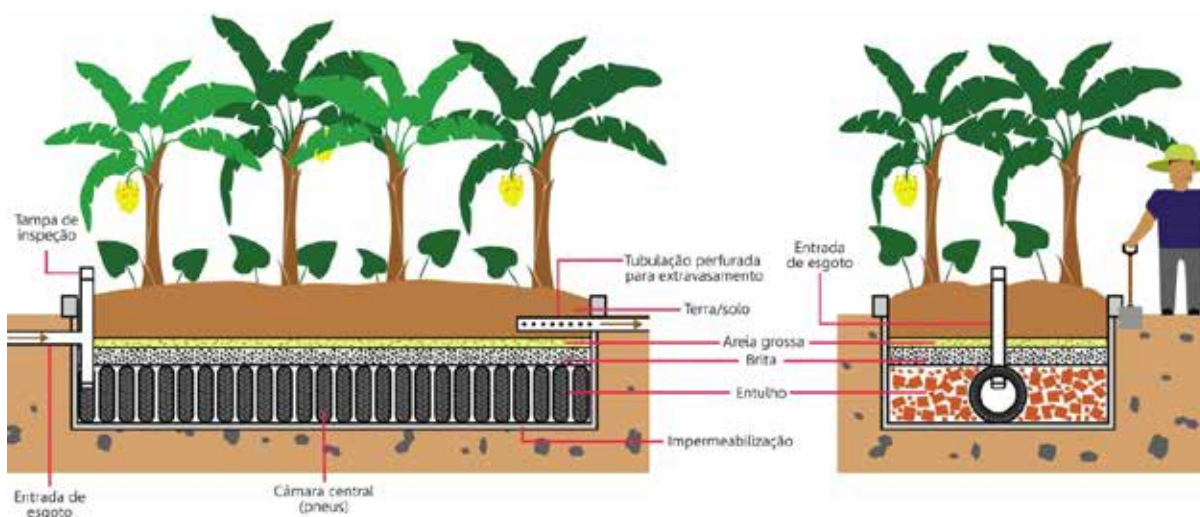


Figura 1 - Esquema de uma bacia de evapotranspiração. Fonte: TONETTI et al. (2018).

Como a BET é um sistema fechado e normalmente não há geração de efluente final, ela tem grande potencial de aplicabilidade, especialmente em situações em que a disposição do efluente tratado no solo é impossibilitada por razões ambientais ou legais. A disseminação dessa tecnologia causa pouca preocupação, já que os usuários do sistema têm pouco ou nenhum contato com o efluente gerado, e mesmo assim é possível fazer o aproveitamento dos nutrientes e da água presentes no esgoto por meio da produção de biomassa e alimentos.

Em relação aos aspectos construtivos, o fundo e as paredes laterais da BET devem ser impermeabilizados, sendo usada com frequência a alvenaria convencional, ferro-cimento ou lonas. A câmara de recepção, também chamada de fermentador ou câmara séptica (PAMPLONA e VENTURI, 2004), pode ser construída de vários materiais, mas no Brasil se popularizou o uso de pneus ou tijolos cerâmicos vazados. Os espaços vazios ao lado da câmara devem ser preenchidos com material filtrante poroso. Pamplona e Venturi (2004) e Vieira (2010) sugerem quatro camadas.

A primeira camada, de baixo para cima, deverá conter material poroso e com grande tamanho, tal como o entulho. Acima dela, deverá ser posta uma camada de brita, depois areia e por fim terra (Figura 1). Cada camada pode ter entre 15 cm (PAMPLONA e VENTURI, 2004) e 35 cm (PIRES, 2012), e a altura total do leito deve ficar entre 1,00 m (PAMPLONA e VENTURI, 2004; PAULO et al., 2013) e 1,50 m (PIRES, 2012). Como o fluxo dentro da BET é ascendente, é importante que as camadas sejam organizadas de forma que a granulometria dos materiais filtrantes seja decrescente, partindo da base do tanque (PIRES, 2012).

A instalação de um tubo ladrão na camada de solo não é consenso, mas é recomendada para drenar a água da chuva e eventualmente algum efluente produzido por sobrecarga do sistema. Nesse caso, é necessário um pós-tratamento

para o efluente final da BET como, por exemplo, um círculo de bananeiras (PAMPLONA e VENTURI, 2004; FUNASA, 2018) ou vala de infiltração (FUNASA, 2018). Sistemas sem a tubulação de drenagem e que tiveram condições de uso inadequadas (sem plantio de bananeiras ou com excesso de mudas, por exemplo) tiveram transbordamento observado no Ceará (COELHO, 2013).

Em relação à produção de lodo pelo sistema, também não há consenso, já que a aplicação da tecnologia no Brasil é recente e existem poucas informações sobre monitoramentos nesse sentido. Enquanto algumas publicações apontam que o lodo acumulado no fundo do tanque deve ser removido do sistema periodicamente (FUNASA, 2014; COELHO, REINHARDT e DE ARAÚJO, 2018), outras indicam que esse descarte não é necessário (FUNASA, 2018).

As plantas são parte fundamental do sistema e deve ser dada preferência a espécies de crescimento rápido e alta demanda por água (GALBIATI, 2009; ALCO CER et al., 2015). Dentre as espécies mais recomendadas por Pamplona e Venturi (2004) estão: banana (*Musa sp*), mamão (*Carica papaya*), inhame (*Dioscorea spp*) e taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). Além dessas, outras alimentares e ornamentais também podem ser utilizadas. A EMATER/FBB (2016) sugere apenas o plantio de espécies ornamentais como copo-de-leite (*Zantedeschia aethiopica*); maria sem-vergonha (*Impatiens walleriana*); lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*); caeté banana (*Heliconia farinosa*), junco (*Zizanopsis bonariensis*) e beri (*Canna sp*).

Várias pesquisas realizadas comprovam que os frutos e folhas produzidos na BET são isentos de contaminação por patógenos (bactérias do grupo coliformes e *Salmonella*) e adequados para o consumo humano (BENJAMIN, 2013; PAULO et al., 2013; COELHO, 2013; COELHO, REINHARDT e DE ARAÚJO, 2018). A qualidade sanitária dos vegetais cultivados nesse tipo de sistema depende

mais dos cuidados com a sua manipulação e das práticas higiênicas das famílias do que da concentração de patógenos dentro da BET (COELHO, REINHARDT e DE ARAUJO, 2018). Infelizmente, ainda não foram realizadas pesquisas sobre a acumulação de contaminantes emergentes nos frutos e folhas produzidos no interior das BETs.

Para o dimensionamento, no Brasil, são normalmente adotados valores entre 1,0 e 2,0 m² por usuário do sistema. O dimensionamento proposto por Vieira (2010) e Pamplona e Venturi (2004) é de 2,0 m² por contribuinte, mas os autores sugerem que adaptações devem ser realizadas de acordo com as condições ambientais. O dimensionamento realizado por Pires (2012) em Minas Gerais foi de 1,25 m² por contribuinte, mas nesse caso a profundidade do sistema era maior. O Manual de Saneamento da FUNASA (2015) não sugere dimensionamento, mas o Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento (FUNASA, 2018) indica uma profundidade entre 1,0 e 1,2 m e uma área de 2,0 m² por residente. Para Coelho, Reinhardt e de Araújo (2018), os módulos de fossa verde podem ser dimensionados

em função de seu balanço hídrico, sugerindo um equacionamento específico que agrega a taxa de evapotranspiração da cultura e o uso consuntivo da cultura. Outros autores sugerem equações diferenciadas, tal como GALBIATI (2009).

Algumas pesquisas afirmam que o sistema pode receber pequenas quantidades de águas cinzas (FUNASA, 2018), efluente sanitário misto (COELHO, 2013; COELHO, REINHARDT e DE ARAUJO, 2018), ou, pelo menos, as águas cinzas da cozinha (SOARES e LEGAN, 2009). Porém a maioria das experiências relatadas de implantação da BET aponta para o tratamento de apenas águas de vaso sanitário (PAMPLONA e VENTURI, 2004).

Apesar de estar sendo implantado há quase 20 anos no Brasil e de estar ganhando cada vez mais visibilidade e notoriedade (GALBIATI, 2009; CAMPOS, 2018), existem poucos trabalhos científicos sobre a BET (Tabela 1). Com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre essa tecnologia e validá-la como uma opção viável para o saneamento rural no Brasil, foi desenvolvido o presente estudo, que fez o acompanhamento de uma BET implantada em comunidade rural por oito meses.

Tabela 1 - Resultados das principais pesquisas sobre sistemas do tipo Bacia de Evapotranspiração.

Fonte	Local da pesquisa e número de amostras	Principais resultados
Galbiati (2009)	1 BET em residência urbana em Campos Grande, MS. 2 pontos de coleta 10 amostras de efluentes em 8 meses.	Remoção: 40% para a DQO; 80% para a DBO; 90% para SST e 81% para a turbidez. Pouco efeito no pH, CE, cloreto e <i>E. Coli</i> . Ovos de helmintos e coliformes termotolerantes foram encontrados no efluente. Folhas de taioba com coliformes totais ($1,1 \times 10^4$) mas sem coliformes termotolerantes.
Pires (2012)	2 BET em Visconde do Rio Branco, MG. 3 pontos de coleta e monitoradas por 4 meses.	Alta remoção de turbidez (79 a 86%); SST (97 a 99%) e DQO (95 a 97%). CE aumenta ao longo do perfil vertical. Baixas concentrações de OD. Remoção de <i>E.coli</i> de até 10^4 . Folhas de taioba com 3,0 NMP/g de Coliformes totais.
Benjamin (2013)	1 BET em Carrancas, MG. 2 amostras de solo, 1 amostra das folhas e frutos de banana e uma amostra de efluente do fim da BET.	O solo de dentro da BET teve pH aumentado, aumento da saturação de bases e consequente aumento da disponibilidade de alguns nutrientes. Houve aumento da CE também. Não foram detectados microrganismos nas amostras de folhas e frutos das bananeiras do interior da BET e nem no solo.
Coelho (2013)	5 BET diferentes foram analisadas em Madalena, CE. Foi coletada uma amostra do substrato de cada sistema.	Substrato com CE e P altos não favoreceram desenvolvimento da vegetação. pH do solo entre 7 e 8. Todas as amostras de folhas e frutos tiveram concentrações menores que 10 UFC de coliformes fecais e ausência de <i>Salmonella</i> .
Bernades (2014)	1 BET em Campo Grande, MS. 2 pontos de coleta avaliados por um mês (total 12 amostras).	Remoção média de DQO de 76% e turbidez de 86%. Houve extravasamento em algumas ocasiões. Resultados variam muito conforme as condições ambientais e de uso do sistema.
Coelho, Reinhardt e Araújo (2018)	4 BET no Ceará foram usadas para avaliar o lodo. 20 amostras de frutos e folhas de diferentes sistemas.	Todas as amostras de folhas (malvarisco) e frutos (banana, tomate e pimenta) tiveram valores menores que 10 UFC de coliformes fecais e ausência de <i>Salmonella</i> . A avaliação do lodo permitiu a sugestão da frequência da manutenção dos sistemas (5 anos e 3 meses).

DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda biológica de oxigênio; SST: sólidos suspensos totais; CE: condutividade elétrica; OD: oxigênio dissolvido; NMP: número mais provável; UFC: unidades formadoras de colônias.

2 METODOLOGIA

A bacia de evapotranspiração monitorada foi instalada em uma propriedade localizada na área rural de Campinas (SP), em outubro de 2016. Ela foi projetada para receber o esgoto do vaso sanitário de duas residências, totalizando cinco moradores. A instalação e o monitoramento da tecnologia foi uma das etapas da pesquisa realizada por Figueiredo (2019).

Para o cálculo de dimensionamento da área da BET adotou-se o valor de 1,5 m² por morador. As dimensões do sistema construído foram: 1,5 m de largura, 5,0 m de comprimento e 1,30 m de profundidade.

A BET foi escavada no solo manualmente, teve as paredes construídas com blocos cerâmicos revestidos com argamassa feita com aditivo impermeabilizante (traço 1:3) e o fundo construído com concreto armado (traço 1:4:2). O sistema foi preenchido com as seguintes camadas (em ordem ascendente): entulho grosseiro/caco de telha (0,55 m), brita 1 (0,20 m), areia grossa (0,15 m) e solo (0,40 m). O efluente entra no sistema através de uma tubulação de 100 mm conectada a uma câmara feita com pneus que fica inserida dentro da primeira camada de entulho (Figura 1). Também foi instalada uma tubulação para drenagem (PVC 50 mm) que deságua em um círculo de bananeiras.

Assim que a construção foi finalizada, foram plantadas quatro mudas de banana nanica (*Musa sp*) e 30 mudas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*). A camada superior de solo foi mantida coberta com palha de bananeira durante todo o período amostral para evitar o encharcamento do solo.

2.1 Pontos de coleta de amostras do efluente

O efluente da Bacia de Evapotranspiração foi avaliado em dois pontos dentro do sistema. O Ponto 1 (Entrada) era localizado dentro do tubo de 100 mm que alimentava a BET, dentro da câmara de

pneus, e ele representava o ponto mais próximo da entrada no sistema. O Ponto 2 (Saída) se localizava ao lado oposto da bacia, dentro da camada de entulho e representava o ponto mais próximo da saída do efluente pela tubulação de drenagem.

O monitoramento da BET foi realizado quinzenalmente durante oito meses, totalizando dezesseis amostragens. As coletas e o condicionamento das amostras seguiram as recomendações propostas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2011), e as análises foram baseadas nos métodos da APHA et al. (2012). Os parâmetros analisados foram: turbidez, pH, condutividade elétrica (CE), demanda química de oxigênio (DQO), demanda biológica de oxigênio (DBO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK), fósforo total (P_{total}), *E. coli*, Coliformes Totais e sólidos suspensos totais (SST). Foram calculadas as médias e desvios padrão para todos os parâmetros avaliados. A eficiência de remoção (em porcentagem) foi calculada a partir da diferença dos valores médios da entrada e saída do sistema. Os resultados foram comparados por meio do teste não paramétrico de Mann-Whitney U com um nível de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

A avaliação do nível do esgoto dentro da BET foi realizada medindo a altura da coluna d'água em três pontos distintos do sistema, localizados no começo, no meio e no fim da BET. Todos os pontos de amostragem eram localizados dentro da câmara de pneus, que dá acesso até o fundo da bacia (Figura 1). Os valores da altura da coluna d'água foram comparados com a precipitação pluviométrica acumulada no mesmo período (Cepagri, 2019).

2.2 Avaliação da percepção sobre a tecnologia

A avaliação da percepção sobre a tecnologia foi realizada por meio de técnicas de pesquisa qualitativa, por meio de momentos de observação participante (GIL, 2008) e conversas informais

que aconteciam durante o monitoramento dos sistemas implantados. Também foi realizada uma entrevista semiestruturada (GIL, 2008) no final da pesquisa, com as famílias residentes na propriedade que recebeu o sistema.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A BET entrou em operação em outubro de 2016, e nos 8 meses de avaliação não foi observado nenhum problema em relação ao seu funcionamento, como por exemplo: entupimento, mau cheiro, proliferação de vetores ou extravasamentos. Isso indica que o dimensionamento adotado foi apropriado.

Durante o monitoramento do nível do esgoto dentro da BET (Figura 2), a precipitação total no município de Campinas (SP) foi de 1408 mm e o nível máximo observado no interior do sistema foi de 1070 mm. Por meio da análise do nível dentro da BET foi possível constatar que não ocorreram vazamentos decorrentes de problemas construtivos. O vazamento em BETs é um problema comum, sendo a construção correta do tanque de alvenaria e a sua impermeabilização os passos mais cruciais na execução do sistema. Pires (2012), por exemplo, observou que um dos sistemas monitorados por ele em assentamento rural no estado de Minas Gerais apresentou rachaduras no reboco, o que levou à falta de estanqueidade do sistema.

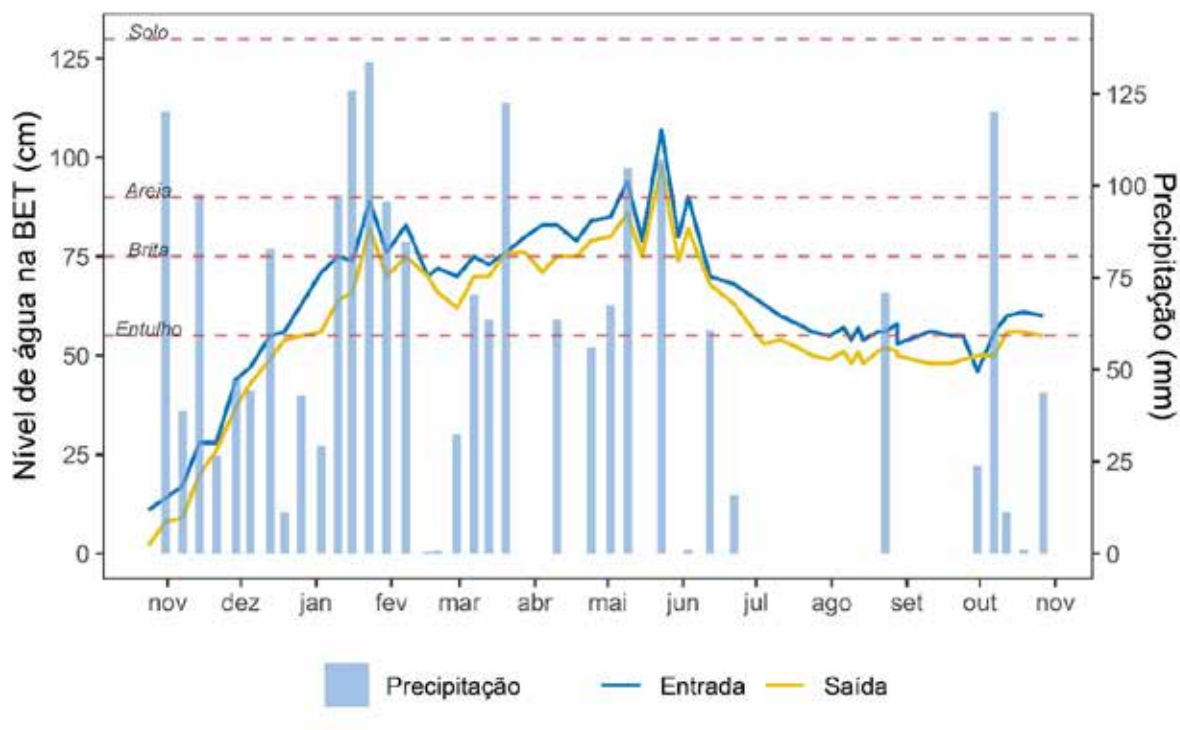


Figura 2 - Nível do esgoto dentro da BET e precipitação pluviométrica observada para a cidade de Campinas (SP).

O nível de esgoto dentro da BET foi crescente no início do período observado, coincidindo com o início do uso do sistema e o período de chuvas. No entanto, após 9 meses de operação, o nível da fase líquida entrou em equilíbrio. Alguns estudos justificam a demora para chegar ao equilíbrio no nível da BET como decorrência do umedecimento inicial das paredes do tanque e o lento preenchimento dos poros do material que compõe as camadas filtrantes (COELHO, REINHARDT e ARAÚJO, 2018).

Outro fator importante na estabilidade do nível da fase líquida é a taxa de evapotranspiração das plantas dentro do sistema. A quantidade de água que a bananeira necessita diariamente depende da integração de diferentes fatores, tais como sua fase fenológica, as variáveis físicas da cultura e as condições do ambiente (COELHO et al., 2012), mas o consumo de água em plantas adultas é considerado elevado e constante (BASSOI et al., 2001). Bassoi et al (2001) avaliaram o consumo de água em bananeiras em diferentes ciclos de produção em Petrolina (PE) e encontraram valores de consumo médio diário que variaram de 27,0 a 36,0 litros por planta.

Considerando que uma residência rural possui uma média de descargas per capita de 1,27 descargas $\text{hab}^{-1} \text{dia}^{-1}$ (PIRES, 2012) e o volume de água por descarga é 8 litros, no presente estudo podemos calcular uma entrada de esgoto no sistema de 50,8 L dia^{-1} (5 contribuintes x 1,27 descargas x 8 litros). Utilizando os valores de consumo diário de água por planta (4 bananeiras e 30 taiobas), podemos concluir que toda a água que ingressa no sistema é liberada na atmosfera por evapotranspiração, sendo o equilíbrio alcançado quando o nível do líquido entra em contato com a zona de raízes.

As bananeiras e taiobas se desenvolveram com normalidade, sugerindo que as suas condições nutricionais e hídricas foram satisfeitas. Três bananeiras frutificaram durante o período de acompanhamento do projeto e as folhas da taioba também foram colhidas e consumidas. No entanto, foi observado que os cachos de banana demoraram um tempo maior para amadurecimento frente ao tradicionalmente observado nas culturas da região da pesquisa. Tal observação também foi feita por Melo e Ligo (2006 e 2008), que trabalharam com a produtividade de bananeiras cultivadas com lodo de estação de tratamento de esgoto. Os autores concluíram que as bananeiras pesquisadas não tiveram seu crescimento afetado pelo lodo de esgoto, mas este causou retardamento do florescimento e do ponto de colheita dos frutos (MELO E LIGO, 2006 e 2008).

Os resultados da caracterização dos parâmetros físico-químicos do efluente final da BET encontram-se organizados na Tabela 2. Foi possível observar que nos dois pontos analisados o pH foi ligeiramente básico, estando dentro da faixa ideal (entre 6,0 e 8,3) para os processos de digestão anaeróbia (CHERNICHARO, 2007). Galbiati (2009), Pires (2012) e Bernardes (2014) encontraram valores semelhantes para o pH na entrada e na saída dos sistemas estudados. O pH de águas de vaso sanitário tem características mais básicas devido à degradação de proteínas e ureia em meio anaeróbio, o que gera uma quantidade substancial de amônia ou íon amônio que, em meio aquoso, passa para forma de hidróxido de amônio (SILVA, FAUSTINO e NOVAES, 2007; SILVA, 2014).

Tabela 2 - Parâmetros físicos e químicos nos pontos amostrais da BET*.

Parâmetro	Número de coletas	Ponto 1 (entrada)	Ponto 2 (saída)	Eficiência (%)
DBO (mg O ₂ L ⁻¹)	8	1009 ± 813 _a	64 ± 48 _b	93,6
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	17	2375 ± 1652 _a	220 ± 116 _b	90,7
NTK (mg N L ⁻¹)	16	186,6 ± 119,9 _a	249,9 ± 42,6 _a	-33,9
P _{total} (mg P L ⁻¹)	7	23,1 ± 13,7 _a	9,7 ± 4,8 _b	58,0
SST (mg L ⁻¹)	16	2817 ± 2710 _a	42,9 ± 21,6 _b	98,5
Turbidez (UT)	17	1511 ± 1268 _a	26 ± 20 _b	98,3
CE (mS cm ⁻¹)	17	3,40 ± 0,65 _a	3,28 ± 0,36 _a	-
pH	17	7,60 ± 0,13 _a	7,76 ± 0,5 _a	-
Coliformes Totais (NMP 100 mL ⁻¹)	7	2,5 × 10 ⁶ _a	6,6 × 10 ⁶ _b	
<i>E. coli</i> (NMP 100 mL ⁻¹)	7	4,0 × 10 ⁷ _a	7,6 × 10 ⁵ _b	

N: Número de amostras. DQO: demanda química de oxigênio. DBO: demanda biológica de oxigênio. SST: sólidos suspensos totais. CE: condutividade elétrica. NMP: número mais provável. *Letras minúsculas diferentes em uma mesma linha indicam diferenças significativas entre as médias apresentadas (Mann-Whitney, $p < 0.05$).

A condutividade elétrica (CE) foi outra variável que se manteve com apenas pequenas variações ao longo do período amostral, tanto no Ponto 1 com no 2. Tais valores foram compatíveis com os encontrados por Pires (2012) e Galbiati (2009). A salinidade da água ou do extrato solúvel do solo pode ser medida pela CE (BASTOS e BEVILACQUA, 2006). Efluentes com valores da condutividade elétrica mais altos do que 3,0 dS m⁻¹ (3,0 mS cm⁻¹) devem ter restrição severa ao uso na irrigação (WHO, 2006) devido ao risco de salinização do solo e comprometimento de culturas mais sensíveis (MOTA et al., 2006). Apesar de a CE encontrada na presente pesquisa ter sido maior do que esse limite, o solo de dentro da BET foi posteriormente avaliado e apresentou um teor de Porcentagem de Sódio Trocável (PST) de 0,74%, valor considerado não-sódico (EMBRAPA, 2013). Além disso, cabe ressaltar novamente que as plantas apresentaram crescimento e aparência saudáveis ao longo de toda a pesquisa.

Os SST encontrados no efluente de entrada da BET foram extremamente altos se comparados com a faixa típica apontada por Von Sperling (2014), a qual varia entre 200 e 450 mg L⁻¹ (VON SPERLING, 2014). Na presente pesquisa, como a amostra do Ponto 1 (entrada) era coletada na mesma tubulação que alimentava a BET, era comum encontrar pedaços de fezes frescas durante

as coletas, contribuindo para os altos valores de SST observados.

Pires (2012) também encontrou valores médios altos para SST na entrada dos dois sistemas estudados: 4.096 e 5.283 mg L⁻¹. Galbiati (2009) encontrou apenas 386 ± 200 mg L⁻¹. Essa diferença se deve, provavelmente, à escolha do local de coleta das amostras.

Os valores encontrados no Ponto 2 da BET foram muito reduzidos (42,9 ± 21,6 mg L⁻¹). Essa alta remoção de sólidos se deve à eficiência do processo de filtragem física dentro da BET. Outros estudos encontraram remoções semelhantes (PIRES, 2012 e GALBIATI, 2009).

Os altos valores de SST refletiram também nos valores de turbidez, que também foi elevada no Ponto 1. No entanto, no Ponto 2 havia a presença de um efluente bastante clarificado, com turbidez de 26 ± 20 UT. Pires (2012) encontrou valores um pouco mais baixos durante sua pesquisa na entrada dos sistemas estudados (1120 ± 408 e 1173 ± 373 UT). Em relação aos valores da turbidez observados no Ponto 2, apesar de Pires (2012) e Galbiati (2009) terem encontrado valores mais baixos na entrada, seus efluentes de saída apresentaram uma turbidez maior que a encontrada no presente estudo.

Em relação à DQO, a média na entrada foi de $2.375 \pm 1.652 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, valor alto em comparação ao valor típico para esgoto sanitário bruto, que é de $600 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$ (VON SPERLING, 2014). Pires (2012) observou valores ainda mais altos para os sistemas instalados em assentamento rural mineiro: 6.155 e $9.054 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$. Uma possível explicação para esse fato é a origem da água residual dos estudos: sempre provenientes exclusivamente do vaso sanitário. No entanto, o efluente obtido no Ponto 2 teve DQO de somente $220 \pm 116 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, indicando uma remoção de 90,7%.

A DBO seguiu a mesma tendência observada para DQO, apresentando uma eficiência de 93,6%. Esse valor alcançado pela BET seria superior ao mínimo de 60% exigido pela Resolução CONAMA 430 (CONAMA, 2011), que rege o padrão de lançamento de efluente tratado em corpos d'água. A mesma resolução indica que o valor máximo de DBO permitido para esse tipo de disposição final é de $120 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$. O efluente de saída da BET avaliada atingiu valores médios de $64 \pm 48 \text{ mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, sendo semelhante ao encontrado por Pires (2012) e Galbiati (2009).

A diferença entre a concentração de P_{total} entre o Ponto 1 e 2 indica uma remoção de 58%, superior aos 20% encontrados por Galbiati (2009). A maior parte do fósforo do esgoto é encontrado nas fezes e urina humana, tornando a água de vaso sanitário uma fonte de nutrientes. A remoção desse composto na BET pode ser explicada pela absorção pelas plantas durante a fase de crescimento. Outro componente seria a adsorção no material filtrante, especialmente areia, tal como encontrado por De Oliveira Cruz et al. (2019), De Oliveira Cruz et al. (2018), Tonon et al. (2015) e Tonetti et al. (2013).

O comportamento do NTK dentro do sistema foi diferente, havendo um aumento de sua concentração entre o Ponto 1 e 2. No entanto, es-

taticamente não foi observada uma diferença significativa entre os valores. Esse resultado é diferente do encontrado por Galbiati (2009), que verificou uma remoção de 32% de NTK, porém a autora não descreve se houve uma avaliação estatística dos dados encontrados.

Em relação aos coliformes totais e *E. coli* (Tabela 3), foi observada uma remoção compatível com reatores anaeróbios, a qual varia tipicamente entre 70 e 90% (VON SPERLING, 2014; LEONEL et al., 2016), permanecendo ainda elevada no Ponto 2. No entanto, como o efluente ficou retido dentro do sistema, não há risco de seu contato com os moradores da residência ou mesmo com o aquífero subterrâneo, visto que o líquido fica confinado na BET. Tal característica pode demonstrar que a BET seria uma ótima alternativa à fossa rudimentar, sistema tradicionalmente empregado na área rural brasileira, especialmente em locais que apresentam lençol freático raso, solos muito porosos ou muito pouco porosos (Tonetti et al., 2018).

3.1 Percepção dos moradores

Em relação à percepção dos moradores das residências onde foi implantada a BET, a realização da observação participante durante um ano, conversas informais e a realização da entrevista semiestruturada ao final da pesquisa permitiram o levantamento de muitos pontos interessantes.

A primeira observação se refere à dificuldade de memorizar o nome da tecnologia utilizada. O nome BET, embora preciso, foi de difícil compreensão e memorização, sendo frequentemente confundido com outros como “fossa sintética”. O termo mais utilizado durante a pesquisa foi “fossa de bananeira” ou “fossa verde” e esse se mostrou mais adequado neste contexto. Essa nomenclatura foi utilizada em uma cartilha produzida sobre a tecnologia (FIGUEIREDO, SILVA e

TONETTI, 2018) e em vídeos gerados no contexto do Projeto Saneamento Rural (FIGUEIREDO, 2019) e que estão disponíveis em uma página da internet (www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/).

Embora a nomenclatura correta seja um desafio, a compreensão sobre o funcionamento da BET não é. A participação dos moradores no mutirão de construção da tecnologia e a constante presença durante as atividades de campo, como a coleta de amostras, propiciaram o entendimento dos mecanismos de funcionamento do sistema, e a participação ativa na pesquisa também ajudou a desenvolver o interesse e a responsabilidade pelo sistema. O interesse pelo novo sistema de tratamento de esgoto também foi observado por Faria et al. (2015), que trabalharam com a mesma tecnologia em área rural de Viçosa (MG).

O sistema foi considerado fácil de ser construído, mas com algumas ressalvas. Para um dos moradores, *“o sistema é fácil de construir. Mas tendo vontade. Sem vontade, não faz. E os materiais não são tão difíceis”*. Para outro, *“mesmo a alvenaria é tranquila para quem tem o costume de fazer. Abrir o buraco é mais difícil”*. A etapa da impermeabilização demandou conhecimento específico, especialmente a fase do reboco com aditivo impermeabilizante. Porém, como esta etapa da construção da BET é crítica para seu bom funcionamento, algumas publicações têm recomendado o uso de lonas e mantas impermeáveis que garantam a estanqueidade do sistema (FUNASA, 2018).

Para os moradores, a BET implantada há mais de dois anos tem funcionado bem, sem a produção de odores desagradáveis e proliferação de insetos. A manutenção do sistema se resume a *“colocar capim e palha em cima. E deixar os brotos de banana virem”*. Apesar de simples, a manutenção é importante para garantir o bom funcionamento do sistema. Coelho (2013) observou BET sem cuidado no Ceará, especialmente em áreas com

a instalação de equipamentos públicos como escolas, e percebeu que nessas condições havia o extravasamento do efluente e mau cheiro. BET com poucas mudas ou com mudas demais podem gerar o mau funcionamento do sistema ou a sua colmatação (COELHO, 2013).

O sistema já foi, inclusive, indicado para vizinhos e parentes da área onde foi implantada a BET da presente pesquisa. A questão econômica seria um fator importante: *“é um jeito fácil e não gasta muito”*. Quando o sistema implantado funciona bem, ele passa a ser *“falado”*, sugerido e mesmo reproduzido espontaneamente para a melhoria da qualidade ambiental local, conforme também foi observado por Paes, Crispim e Furtado (2014), que trabalharam com a implantação de uma BET em região peri-urbana da Paraíba.

O sistema de tratamento antigo e que atendia a duas casas era *“fossa normal, um buraco com os canos dentro”*. Porém o sistema não funcionava, pois *“a cada três anos precisava abrir outra fossa”*. A rápida colmatação da fossa deve ter relação direta com o alto nível do lençol freático localmente (cerca de 1,5 m). O novo sistema foi considerado pelos moradores uma opção melhor já que *“demora mais tempo pra mexer, não vai sujeira na terra. Aí não contamina o solo”*.

Durante a pesquisa não foi mencionada pelos moradores locais nenhuma preocupação com o consumo dos alimentos produzidos no interior da BET, diferentemente do que foi apontado por Coelho, Reinhardt e de Araújo (2018). No entanto, diversos estudos demonstraram a segurança sanitária dos alimentos produzidos no interior desses sistemas (PIRES, 2012; BENJAMIN, 2013; GALBIATI, 2009; PAULO et al., 2013; COELHO, 2013 e COELHO, REINHARDT e DE ARAÚJO, 2018). Esse fato foi amplamente discutido com os moradores e foi abordado na oficina teórica sobre a BET.

A banana e a taioba produzidas dentro do sistema foram consumidas pelas famílias e por amigos durante a pesquisa. Além disso, a relação com o esgoto parece ser diferente nas comunidades rurais, de menos “nojo”, o que foi demonstrado inúmeras vezes quando houve resistência ao uso de luvas para a coleta de amostras de esgoto, por exemplo.

4 CONCLUSÕES

A BET se insere no contexto do saneamento ecológico, pois ao mesmo tempo em que faz a reciclagem de água e nutrientes, também produz alimento e biomassa. Sua construção envolve a impermeabilização do tanque de forma a impedir a infiltração do efluente até o aquífero, o que se torna uma alternativa importante onde não existem condições favoráveis para realizar a disposição final do efluente no solo, tal como locais em que há um lençol freático pouco profundo.

O dimensionamento adotado para a BET (área de 1,5 m² por morador e profundidade de 1,3 m) se mostrou adequado, não havendo problemas em relação ao seu funcionamento. O acompanhamento do nível interno da BET e o bom desenvolvimento das bananeiras e taiobas deram indícios de que o sistema estava funcionando adequadamente e sem vazamentos. Devido à estabilização da profundidade do líquido, foi possível afirmar que existiu um equilíbrio entre a vazão de esgoto que adentrava o sistema e a taxa de evapotranspiração das plantas adotadas.

As análises dos parâmetros físico-químicos mostraram que o efluente coletado nos dois pontos amostrados (entrada e saída do sistema) apresentou pH levemente básico. Foi observada uma excelente remoção de SST, turbidez, DBO e DQO no interior da BET, provavelmente devido à filtração física e à ação biológica que ocorre naturalmente quando existe a passagem do efluente da

câmara de pneus para a camada de brita e areia. Em relação aos parâmetros microbiológicos (Coliformes totais e *E. coli*), seu comportamento foi muito semelhante ao de um reator anaeróbico.

A percepção dos moradores locais sobre o sistema foi bastante positiva. A participação ativa durante as atividades relacionadas à implantação do sistema e a coleta de dados foram bons indícios desse comprometimento. Não foram relatados problemas com a tecnologia nem desconfortos com o consumo dos alimentos produzidos na BET. Além disso, foi relatada satisfação com a substituição da antiga fossa e entusiasmo com a disseminação da tecnologia entre os vizinhos.

5 AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES e ao CNPq (311275/2015-0) pelas bolsas de mestrado e doutorado recebidas e à Fapesp (Processo 2017/07490-4) pelo Auxílio à Pesquisa. Também agradecemos à Pró Reitoria de Extensão e Cultura (ProEC) da Unicamp pelos recursos financeiros destinados ao Projeto Saneamento Rural.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCOCER, J. C. A.; COSTA, J. M. F.; RAMOS, K. M.; DUARTE JUNIOR, A.; MOREIRA, K. DA S.; COAQUIRA, C. A. C.; GUIMARÃES, A. P.; DUARTE, J. B. F. Tratamento de esgoto doméstico de regiões rurais com tanques de evapotranspiração. *Revista SODEBRAS*. Volume 10, n.112, 2015. ISSN 1809-3957.

APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association. Washington, 22^a ed., 2012.

BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. C.; MOURA E SILVA, E. E.; RAMOS, C. M. C.; TARGINO, E. L.; MAIA, J. L. T.; FERREIRA, M. N. L. **Comunicado Técnico 108: Consumo de água e coeficiente de cultura em bananeira irrigada por microaspersão**. EMBRAPA Semiárido. 4p., 2001.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D. Normas e critérios de qualidade para reúso da água. In: Florêncio, L.; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M.

Tratamento e utilização de esgotos sanitários. PROSAB - ABES. Rio de Janeiro, RJ, 2006.

BENJAMIN, A. M. **Bacia de evapotranspiração: tratamento de efluentes domésticos e produção de alimentos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções e Ambiência), Universidade Federal de Lavras (UFLA). Lavras, Minas Gerais, 50 p, 2013.

BERNARDES, F. S. Avaliação do tratamento domiciliar de águas negras por um Tanque de Evapotranspiração (TEvap). **Revista Especialize On-line IPOG.** Goiânia, GO, 7 ed., n. 7, v. 01, 2014. ISSN 2179-5568.

CAMPOS, P. E. R. **O sistema de saneamento ecológico evapotranspirante- um legado permacultural ao saneamento básico.** 14 p, 2018. Disponível em: <<https://permaforum.wordpress.com/2018/05/07/o-sistema-de-saneamento-ecologico-evapotranspirante-um-legado-permacultural-ao-saneamento-basico/>>. Acesso em: 3 de maio de 2019.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.** CETESB, São paulo, SP, 2011.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios.** Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 380p., 2ª ed., 2007.

COELHO, E. F.; DONATO, S. L. R.; OLIVEIRA, P. M.; CRUZ, A. J. S. Capítulo 2. Relações hídricas II: evapotranspiração e coeficientes de cultura. In: **Irrigação da Bananeira.** Coelho, E. F. (editor). Brasília: DF. EMBRAPA. 280 p. 2012

COELHO, C. F. **Impactos socioambientais e desempenho do sistema fossa verde no assentamento 25 de maio, Madalena (CE).** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, 112 p., 2013.

COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J.C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Eng Sanit Ambient**, v.23, n.4, 2018, 801-810. DOI: 10.1590/S1413-41522018170077.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. 2011.

DE OLIVEIRA CRUZ, L. M.; TONETTI, A. L.; GOMES, B. G. L. A. Association of septic tank and sand filter for wastewater treatment: full-scale feasibility for decentralized sanitation. **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development** (2018) 8 (2): 268-277. <https://doi.org/10.2166/washdev.2018.094>.

DE OLIVEIRA CRUZ, L. M.; GOMES, B. L. A.; TONETTI, A. L.; FIGUEIREDO, I. C. S. Using coconut husks in a full-scale decentralized wastewater treatment system: the influence of an anaerobic fil-

ter on maintenance and operational conditions of a sand filter. **Ecological Engineering** 127 (2019) 454-459. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.12.021>.

Emater/FBB - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais. **Tecnologia social: Fossa Ecológica/ Tevap.** Fundação Banco do Brasil, 14 p, 2016.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Brasília, 353p, 2013.

FARIA, M.D.; ANDRADE, A.O.; MAIA, H.M.; REZENDE, A.A.P. **Construção participativa de sistemas individuais de esgotamento sanitário em comunidades rurais.** V Congresso Latinoamericano de Agroecologia. 5p., 2015. ISBN: 978-950-34-1265-7.

FIGUEIREDO, I. C. S. **Tratamento de esgoto na zona rural: diagnóstico participativo e aplicação de tecnologias alternativas.** Tese (Doutorado), Unicamp. Campinas, SP. 318 p.

FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS, B. S. C.; TONETTI, A. L. **Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras.** Biblioteca Unicamp. Campinas, 28 p., 2018.

FONSECA, A. R. **Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca da Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Propostas para o Programa de Melhorias Sanitárias Domiciliares.** Brasília, 44 p., 2014.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **Manual de Saneamento.** Brasília, 4 ed., 2015.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. Ministério da Saúde. **CataloSan: Catálogo de soluções sustentáveis de saneamento - gestão de efluentes domésticos.** Eds: Paulo, P.L.; Galbiati, A.F.; Magalhães, F.J.C. Brasília, 50 p., 2018.

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

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** São Paulo: Atlas, 6 ed., 2008.

LEONEL, L. P.; TONETTI, A. L.; SILVA, J. C. P.; NUNES, E. A.; ANARUMA FILHO, F. Reuse of sewage treated effluent in agricultural practices: An alarming presence of Giardia spp. **Cyst. Ecological Engineering** 94 (2016) 682-687. doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.06.126

JENKINS, J. **The Humanure Handbook: a guide to composting human manure.** Chelsea Green Publishing. Grove City, PA, 3 ed., 2005.

- MELO, L. A. S.; LIGO, M. A. V. Uso de lodo de esgoto em bananicultura: efeitos de doses no primeiro ano de aplicação. **Revista Cientista Rural**, v. 11, n. 2, p. 33-38. 2006.
- MELO, L. A. S.; LIGO, M. A. V. Efeitos do Lodo de Esgoto Aplicado na Cultura de Bananeiras “Grande Naine”. **Comunicado técnico 45**. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, SP, 2008.
- MOTA, S.; FONSECA, A. F.; STEFANUTTI, R.; VOLSCHAN JR, I.; NAVAL, L. Capítulo 6: Irrigação com esgotos sanitários e efeitos nas plantas. In: Florêncio, L.; Bastos, R. K. X.; Aisse, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006.
- PAES, W.M.; CRISPIM, M.C.; FURTADO, G.D. Uso de tecnologias ecológicas de saneamento básico para solução de conflitos socioambientais. **Gaia Scientia**, v. 8 (1): 226-247, 2014. ISSN 1981-1268.
- PAMPLONA, S.; VENTURI, M. Esgoto à flor da terra: sistema de evapotranspiração é solução simples, acessível e sustentável. **Permacultura Brasil: soluções ecológicas**. Ano VI, n. 16, 2004.
- PAULO, P. L.; AZEVEDO, C.; BEGOSSO, L.; GALBIATI, A. F.; BONCZ, M. A. Natural systems treating greywater and blackwater on-site: Integrating treatment, reuse and landscaping. **Ecological Engineering** 50 (2013) 95– 10, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2012.03.022>
- PIRES, F.J. **Construção participativa de sistemas de tratamento de esgoto doméstico no Assentamento Rural Olga Benário-MG**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Saneamento ambiental), Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 118p, 2012.
- SANT’ANA, J. A. V.; COELHO, E. F.; FARIA, M. A.; SILVA, E. L.; DONATO, L. R. Distribuição de raízes de bananeira “prata-anã” no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 34, n. 1, p. 124-133, 2012.
- SILVA, W. T. L. DA; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. DE. **Documentos 34: Eficiência do processo de biodigestão em fossa séptica biodigestora inoculada com esterco de ovino**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 20 p, 2007.
- SILVA, W. T. L. **Saneamento básico rural / ABC da Agricultura Familiar**. Brasília, DF: Embrapa. 68 p, 2014.
- SOARES, A.; LEGAN, L. **De olho na água: Guia de referência. Construindo o canteiro bio-séptico e captando água da chuva**. Projeto de Olho na água. Editora Mais Calango, 28 p, 2009.
- TEIXEIRA, J. B. Saneamento rural no Brasil. REZENDE, S. C (Organizadora). **Panorama do Saneamento Básico no Brasil**, v. 7, p. 237-294, 2011.
- TONON, D.; TONETTI, A.L.; FILHO, B.C.; BUENO, D.A.C. Wastewater treatment by anaerobic filter and sand filter: Hydraulic loading rates for removing organic matter, phosphorus, pathogens and nitrogen in 151 tropical countries. **Ecological Engineering**, [s.l.], v. 82, p.583-589, set. 2015. Elsevier BV. [dx.doi.org/10.1016/j.ecoeng.2015.05.018](https://doi.org/10.1016/j.ecoeng.2015.05.018).
- TONETTI, A. L.; BRASIL, A.L.; MADRID, F.J.P.L.; FIGUEIREDO, I.C.S.; SCHNEIDER, J.; CRUZ, L.M.O.; DUARTE, N.C.; FERNANDES, P.M.; COASACA, R.L.; GARCIA, R.S.; MAGALHÃES, T.M. **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. Biblioteca/Unicamp. Campinas, São Paulo, 153 p, 2018.
- VIEIRA, I. **BET – Bacia de Evapotranspiração**. 2010. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-de-evapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 29 de julho de 2017.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Editora UFMG, Belo Horizonte, MG, 4 ed., 470 p, 2014.
- WHO - World Health Association. **WHO Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater: Volume 2. Wastewater use in agriculture**. p. 196, 2006.