

IMPLANTAÇÃO E AVALIAÇÃO DO SISTEMA BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (BET) PARA O TRATAMENTO DO ESGOTO DOMÉSTICO NO MEIO RURAL: O CASO DA COMUNIDADE TERAPÊUTICA REDENÇÃO NO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO - PR.

Tiago Vinicius Silva Athaydes

Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná

E-mail: tiagoathaydes@gmail.com

Jefferson de Queiroz Crispim

Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná

E-mail: jeffersoncrispim@hotmail.com

José Antonio da Rocha

Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná

E-mail: jrochastone@yahoo.com.br

Valéria Teodoro da Silva Evangelista

Secretaria do Estado da Educação do Paraná -SEED, Curitiba, Paraná

E-mail: valeria.teodoro@gmail.com

Alesson Soares Lopes

Universidade Estadual do Paraná – Campus de Campo Mourão, Campo Mourão, Paraná

E-mail: alesson.alss@gmail.com

Resumo

O déficit relacionado ao saneamento básico no meio rural é um agravante no Brasil, em especial, para a coleta e o tratamento do esgoto doméstico, onde os sistemas são arcaicos, conhecidas como fossas negras, contaminando o lençol freático, lagos, nascentes, rios, além de solos e ar. Observando esta realidade, o objetivo deste trabalho pautou-se em implantar um sistema ecológico para a coleta e o tratamento do esgoto doméstico produzido em uma comunidade rural no município de Campo Mourão-PR. Foram implantados dois sistemas na Instituição Comunidade Terapêutica Redenção (CTR), para atender 30 pessoas diariamente e visitantes nos fins de semana. O primeiro foi instalado para tratar águas negras provenientes dos banheiros e o segundo para tratamento de águas cinzas provenientes da cozinha e lavanderia. Para averiguar a eficiência do sistema em relação a remoção de patógenos nos efluentes produzidos foram selecionados os parâmetros físico-químicos: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH e turbidez. A eficiência de remoção da DBO e DQO foi calculada a partir da diferença dos valores médios obtidos entre as amostras do tanque séptico e sistema BET. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentou eficiência de 86,64%, para demanda química de oxigênio (DQO), com desempenho de 90,29%, a turbidez apresentou eficiência de 88,2% e o pH ficou estável dentro da faixa 6 e 8.

Palavras-Chave: Saneamento Ambiental. Espaço Rural. Sistema Ecológico. Coleta e Tratamento do Esgoto. Preservação Ambiental.

RURAL ENVIRONMENTAL SANITATION FOR SMALL COMMUNITIES: THE CASE OF THE THERAPEUTIC REDEMPTION COMMUNITY IN THE MOURÃO - PR.

Abstract

The deficit related to basic sanitation in rural areas is an aggravating factor in Brazil, especially for the collection and treatment of domestic sewage, where the systems are archaic, known as black pits, contaminating the water table, lakes, springs and rivers. Observing this reality, the objective of this work was to implement an ecological system for the collection and treatment of domestic sewage produced in a rural community in the municipality of Campo Mourão. Two systems were implemented in the Therapeutic Community Redenção (TCR), to serve 30 people daily and visitors on weekends. The first was installed to treat black water from the bathrooms and the second to treat gray water from the kitchen and laundry. In order to verify the efficiency of the system in relation to the removal of pathogens in the effluents produced, the physical-chemical parameters were selected: chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD), pH and turbidity. The removal efficiency of BOD and COD was calculated from the difference of the average values obtained between the samples of the septic tank and BET system. Biochemical oxygen demand (BOD) showed an efficiency of 86.64%, for chemical oxygen demand (COD), with a performance of 90.29%, turbidity showed an efficiency of 88.2% and the pH was stable within the range 6 and 8. **Key words:** Environmental Sanitation. Rural Space. Ecological System. Sewage Collection and Treatment. Environmental Preservation.

SANEAMIENTO AMBIENTAL RURAL PARA PEQUEÑAS COMUNIDADES: EL CASO DE LA COMUNIDAD DE REDENCIÓN TERAPÉUTICA EN EL MOURÃO - PR.

Resumen

El déficit relacionado con el saneamiento básico en las zonas rurales es un factor agravante en Brasil, especialmente en lo que respecta a la recogida y el tratamiento de las aguas residuales domésticas, donde los sistemas son arcaicos, conocidos como fosas negras, que contaminan la capa freática, los lagos, los manantiales y los ríos. Observando esta realidad, el objetivo de este trabajo fue implementar un sistema ecológico para la recolección y tratamiento de las aguas residuales domésticas producidas en una comunidad rural del municipio de Campo Mourão. Se pusieron en marcha dos sistemas en la Redención de la Comunidad Terapéutica (CTR), para atender a 30 personas diariamente y a los visitantes los fines de semana. El primero se instaló para tratar las aguas negras de los baños y el segundo para tratar las aguas grises de la cocina y la lavandería. Para investigar la eficiencia del sistema en relación con la eliminación de patógenos en los efluentes producidos, se seleccionaron los parámetros físico-químicos: demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), pH y turbidez. La eficiencia de eliminación de la DBO y la DQO se calculó a partir de la diferencia de los valores medios obtenidos entre las muestras de la fosa séptica y el sistema BET. La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mostró una eficiencia del 86,64%, para la demanda química de oxígeno (DQO), con un rendimiento del 90,29%, la turbidez mostró una eficiencia del 88,2% y el pH se mantuvo estable en el rango 6 y 8.

Palabras-clave: Saneamiento ambiental; Área rural. Sistema ecológico. Recogida y tratamiento de aguas residuales. Preservación del medio ambiente.

Introdução

A água é um elemento fundamental para a vida. Para Freisleben *et al.*, (2010, p. 2) “a água é um recurso indispensável, não somente para a manutenção da vida de todos os seres vivos, como também para o desenvolvimento social e econômico”. Para Paffrath (2013) diante das inúmeras contribuições que a água propiciou e propicia para as sociedades, faz-se necessária a preservação e manejo adequado deste elemento. Uma das formas refere-se ao saneamento básico, sobretudo ao tratamento do esgoto, para que a água possa ser reutilizada no dia a dia para o consumo humano e para as atividades industriais e da agricultura.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004), saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem (que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social), caracterizando o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental. Os serviços de saneamento devem promover a qualidade de vida da população, bem como, proteger os recursos naturais (TEIXEIRA, 2010).

Mais de um bilhão de habitantes não têm acesso à habitação segura e a serviços básicos, embora todo ser humano tenha direito a uma vida saudável e produtiva, em harmonia com a natureza. No Brasil, as doenças resultantes da falta ou de um inadequado sistema de saneamento, especialmente em áreas pobres, têm agravado o quadro epidemiológico (BRASIL, 2006). Dentre a falta das práticas de saneamento, destaca-se a falta de tubulações das residências em redes de coleta e tratamento de esgoto. Para atenuar os gastos com saúde é muito importante o saneamento, por meio da criação da rede de tratamento de esgoto, ao qual constitui um grande desafio a ser alcançado, pois necessita de um maior envolvimento da sociedade como um todo (TEIXEIRA, 2010).

Em relação ao saneamento rural, as dificuldades são significativas, uma vez que a falta de cuidado para o descarte do esgoto pode gerar problemas com a qualidade da água e o meio ambiente, representando um risco à saúde das pessoas (TEIXEIRA, 2010).

O manejo irresponsável dos sistemas de saneamento gera impactos ambientais que refletem diretamente nos problemas de poluição e contaminação de águas superficiais e subsuperficiais e as comunidades rurais utilizam água proveniente de poços artesianos, poços freáticos e nascentes, que muitas vezes são contaminadas com o manejo inadequado do solo, atividades agropecuárias, despejo em fossas negras, entre outras atividades desenvolvidas de maneira prejudicial ao meio hídrico (ABONIZIO, 2017). Complementando a discussão em torno da questão de saneamento ambiental rural, Santos e Crispim (2013) destacam que,

quando os microrganismos atingem o lençol freático e há o consumo desta água contaminada, pode ocorrer inúmeras doenças no organismo humano, como desintéria, diarreicas agudas, esquistossomose, febre tifoide, giardíase, leptospirose etc.

Devido à densidade populacional existente no meio rural, onde as residências ficam distintas umas das outras, recomenda-se adotar novas tecnologias mais viáveis e simples utilizando de técnicas de saneamento apropriadas (LANSEN, 2010). Além de que, os tratamentos convencionais possuem custos elevados e alternativas estão sendo desenvolvidas. Para Larsen (2010), novas tecnologias têm como característica principal atender aos propósitos de comunidades e a escolha deve se basear em um conjunto de diretrizes econômicas, sociais, ecológicas e culturais, que tenham como meta suprir as necessidades da sociedade em questão.

Para Lins (2010), os sistemas de tratamento de esgoto ecológicos apresentam uma solução para essa problemática, pois o maior potencial poluidor do esgoto doméstico provém do vaso sanitário, fazendo-se necessário o seu tratamento. Leal (2014), apresenta uma alternativa para o tratamento dos efluentes oriundos do vaso sanitário, com a construção da Bacia de Evapotranspiração (BET), onde ele descreve como sendo um sistema de tratamento e reaproveitamento dos nutrientes do efluente proveniente do vaso sanitário e amplamente utilizado por permacultores. Leal (2014) destaca que é uma solução funcionalmente simples, pois não faz uso de processos mecanizados e as estruturas são de fácil construção e manutenção, além de apresentarem baixos custos de implantação.

A BET consiste em um tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de material filtrante e com espécies vegetais plantadas na superfície (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).

No interior 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 (PAMPLONA e VENTURI, 2004). Esta biomassa pode ser utilizada para adubação de solos para agricultura e hortas.

As práticas ecológicas empregadas neste sistema é algo que pode ser implantado dentro da realidade rural, uma vez que, desempenha manutenções simples, o que pode ser

aplicado pela própria comunidade. Com a construção de um sistema para tratamento de esgotos sanitários em uma comunidade procura-se atingir os seguintes objetivos: afastamento rápido e seguro dos esgotos; coleta dos esgotos individual ou coletiva (fossas ou rede coletora); tratamento e disposição adequada dos esgotos tratados, visando atingir benefícios como conservação dos recursos naturais; melhoria das condições sanitárias locais; eliminação de focos de contaminação e poluição; eliminação de problemas estéticos desagradáveis; redução dos recursos aplicados no tratamento de doenças; diminuição dos custos no tratamento de água para abastecimento (LEAL, 2008).

Desta maneira, a fim de melhorar a coleta e tratamento do esgoto, este artigo apresenta o processo de implantação de uma tecnologia de sistema sanitário coletivo, contribuindo para a preservação ambiental, por meio do modelo bacia de evapotranspiração (BET), na Comunidade Terapêutica Redenção no município de Campo Mourão - PR.

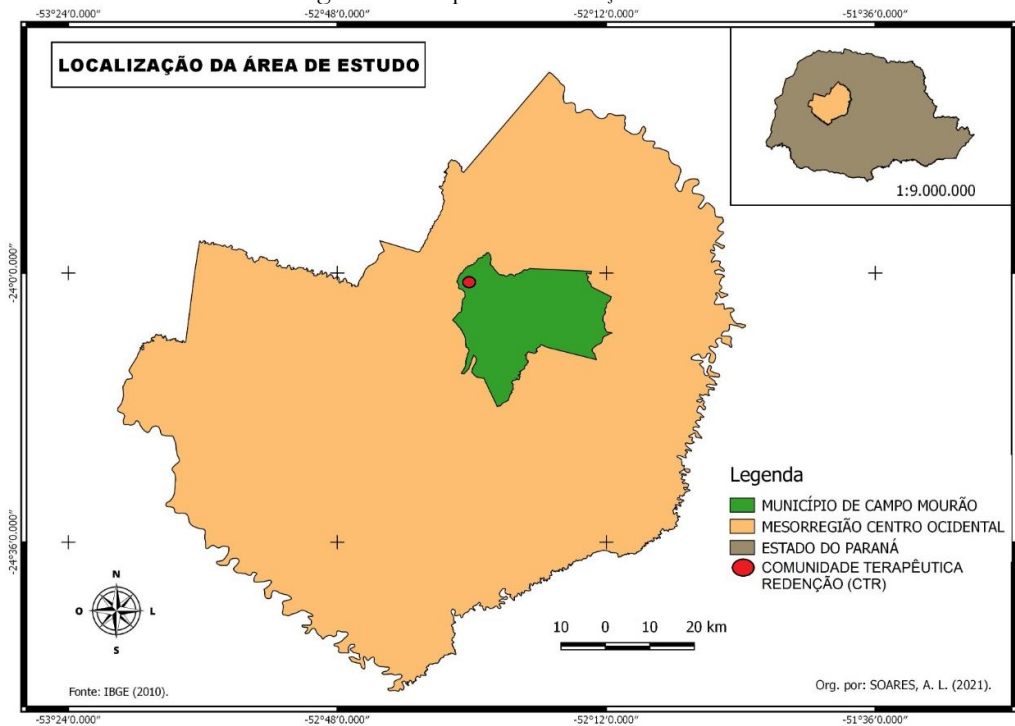
Desenvolvimento

A Instituição Comunidade Terapêutica Redenção – CTR, está localizada em área rural na cidade de Campo Mourão/PR, na Mesorregião Centro Ocidental Paranaense, entre as coordenadas geográficas 24° 01' 09" S e 52° 30' 21" W (Figura 1). O clima é do tipo Subtropical - Cfa, conforme a classificação climática de Köppen, com predominância de solo Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006).

Esta instituição foi fundada em 1998 com o objetivo de realizar tratamento de dependentes químicos. No início o grupo contou com o auxílio de entidades religiosas e com o ajuda de autoridades locais. Esse apoio permitiu a compra de uma área rural, equivalente a 93.170,00 m² (9,3170 ha), localizada na comunidade de São Benedito, onde foi estabelecida a primeira sede da CTR. A sede rural conta com alojamentos, escritório administrativo, refeitório e capela religiosa, com capacidade para 30 pessoas, entre internos alojados e funcionários, podendo aumentar este número aos finais de semana em decorrência de visitas.

A CTR é uma entidade de referência e de utilidade pública municipal, estadual e nacional. Atende principalmente pessoas que não tem recursos financeiros para custear o tratamento, contando com ajuda de pessoas físicas, jurídicas e convênios, além do auxílio financeiro de pacientes em tratamento que possuem condições de pagar pelo mesmo.

Figura 01. Mapa de localização da CTR.



Fonte: Os autores, (2020).

Materiais e métodos

Foram implantados dois sistemas BET na Comunidade Terapêutica Redenção (CTR), para atender 30 pessoas diariamente e visitantes nos fins de semana. O primeiro foi instalado para tratar águas negras provenientes dos banheiros e o segundo para tratamento de águas cinzas provenientes da cozinha e lavanderia.

Os trabalhos de construção dos sistemas ocorreram de junho a agosto de 2019 e foram divididos em quatro fases, sendo elas: tanque séptico, caixa de gordura, filtro de águas cinzas e bacia de evapotranspiração (BET). O acompanhamento de funcionamento dos sistemas ocorreu durante 12 meses. Já o monitoramento para avaliar a eficiência da BET foi iniciado a partir do quarto mês de utilização, resultando em duas coletas quadrimestrais, haja vista que, de acordo com Chernicharo e Borges (1996), pode-se levar de 4 a 6 meses para ocorrer a adaptação dos micro-organismos ao sistema.

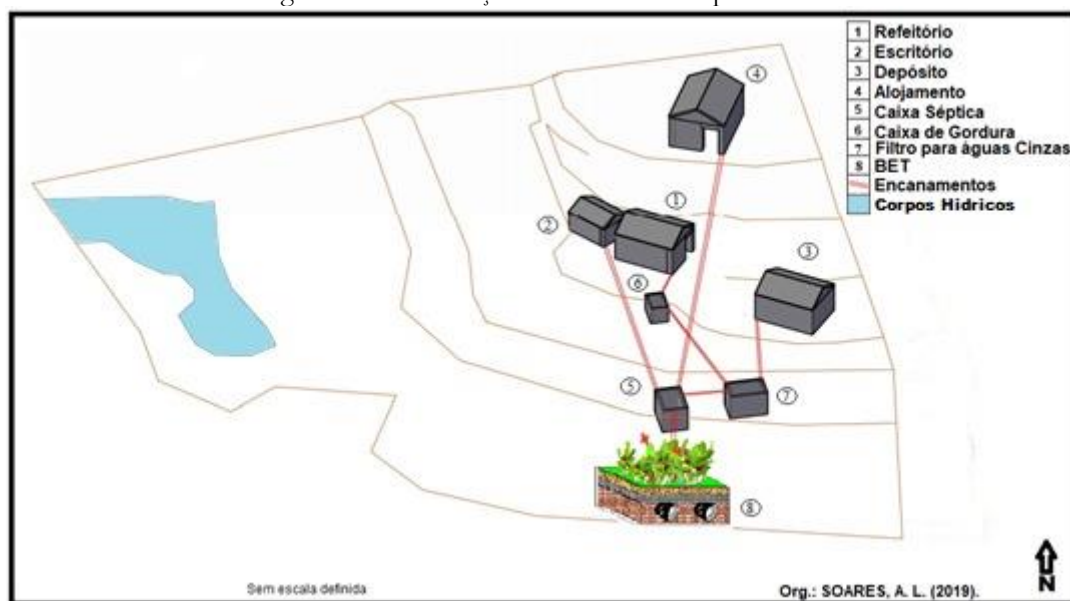
Os parâmetros físico-químicos analisados foram: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH e turbidez. A eficiência de remoção da DBO e DQO foi calculada a partir da diferença dos valores médios obtidos entre as amostras do tanque séptico e sistema BET. As amostras foram coletadas, armazenadas e preservadas seguindo as recomendações da NBR 9.898/1987 e encaminhadas ao laboratório.

Os parâmetros físico-químicos, foram avaliados de acordo com as metodologias propostas pela APHA, AWWA, WEF (2012). Além destes, foi avaliado também o nível do efluente no interior da BET.

A periodicidade de amostragens laboratoriais pode ocorrer a cada quatro a seis meses e quando os resultados apresentarem redução do percentual da eficiência, é o indicativo para realizar a limpeza da caixa séptica. Devido ao processo de digestão anaeróbia realizado pelas bactérias na câmara de pneus e nos espaços criados entre o entulho ao lado da câmara e por ser um sistema fechado, não sendo liberado para o ambiente, o efluente se move por capilaridade de baixo para cima, ocorrendo uma filtração ao passar pelas camadas superiores, como a brita, areia e solo, chegando as plantas que realizarão a evapotranspiração.

Para definição de implantação dos sistemas no pátio da CTR foram considerados alguns critérios de localização e funcionalidade de cada um (Figura 2).

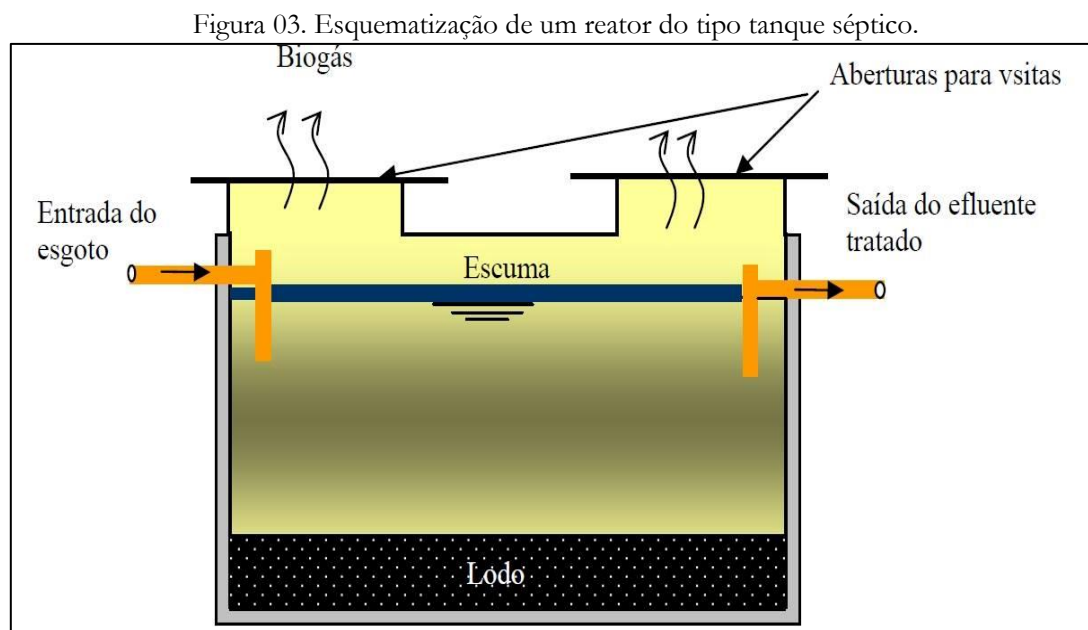
Figura 02. Distribuição dos sistemas no pátio da CTR.



Fonte: Os autores (2019).

Na primeira etapa, foi construído o tanque séptico, para receber os dejetos provenientes dos banheiros (águas negras).

Também conhecido por caixa séptica, este tanque foi escavado mecanicamente no solo por meio de retroescavadeira e construído em alvenaria, com revestimento impermeabilizante para evitar infiltrações, observando a norma NBR 7229 de 1993 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (Figura 3).



Fonte: DE ÁVILA, (2005).

Esta norma se refere à projeção, construção e operação de sistema de tanques sépticos. De acordo com a ABNT (1993) “tanque séptico é uma unidade de formato cilíndrico, prismático ou retangular, de fluxo horizontal, para o tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”. No tanque séptico ocorre a remoção de sólidos em suspensão sedimentáveis e sólidos flutuantes e uma parcela da matéria orgânica em suspensão contida no esgoto fica retida nessa etapa do tratamento. É neste ambiente que ocorre a sedimentação e digestão, onde se realiza o tratamento primário das águas servidas.

Devido às várias fases da digestão anaeróbia, às correntes de convecção térmica e aos gases ascendentes, o lodo sedimentado e a espuma mudam de densidade. Este fato, associado à turbulência de fluxo, fazem com que parte dos sólidos sedimentados e do lodo ativo misturem-se com a fase líquida, aumentando a eficiência do reator na remoção de matéria orgânica dissolvida (ANDRADE NETO et al.,1999a)

Portanto, para o tanque construído na CTR, foi utilizado o seguinte dimensionamento: 5,00 x 1,50 x 1,50 m (11,25 m³), sendo projetado para receber contribuição diária de 3.000 a 4.500 litros e tempo de detenção do afluente de 0,83 dias ou 20 horas, considerando 30 o número de pessoas e mais os visitantes. Sobre o tanque séptico foi confeccionada uma tampa em alvenaria de 0,30m x 0,30m para coletar amostras de efluentes e também para limpeza do sistema por equipamentos de auto fossas.

Para a localização do tanque séptico no terreno, considerou-se a literatura de Witkovski e Vidal (2009), que afirmam ser importante que estes tanques não sejam muito

próximos as moradias, pois pode vir a causar odor desagradável, e nem muito longe, com intuito de minimizar o custo com tubulações para transportar os despejos. É importante instalar uma tubulação de alívio de gases e que a sua construção seja no nível mais baixo do terreno e longe de qualquer fonte de captação de água, para evitar possíveis contaminações. No caso da CTR, o tanque séptico foi construído a 40 metros do refeitório e 70 metros do alojamento.

O efluente de saída do tanque séptico precisa ser encaminhado para um pós tratamento, ou unidade de disposição, uma vez que esse efluente ainda apresenta elevado teor de matéria orgânica solúvel (que não sedimenta) e de organismos patogênicos (WITKOVSKI e VIDAL, 2009).

A Bacia de Evapotranspiração (BET) construída na CTR foi implantada em uma área livre da presença de árvores ou construções próximas, para receber o máximo de radiação solar, aumentando a eficiência no processo de evapotranspiração realizada pela vegetação de bananeiras plantada na superfície, além disso, seu posicionamento foi projetado a facilitar o recebimento dos efluentes do tanque séptico. Ela foi escavada mecanicamente no solo, por meio de uma retroescavadeira, e seu dimensionamento foi considerado 2m³ de tanque por usuário, considerando-se pacientes, funcionários e visitantes.

Para Leal (2014) a forma comum de dimensionar a bacia é de 2m de largura e 1m de profundidade, com comprimento variável, de acordo com o número de usuários. Baseando-se na capacidade da CTR, considerando as 30 pessoas e mais os visitantes nos fins de semana, realizou-se o dimensionamento e a construção do sistema BET com capacidade de 86,7m³ (8,5 x 8,5 x 1,20m), suficiente para suportar o acréscimo em até 40 visitantes, sem interferir na eficiência do sistema, visto que a maioria não permanece mais do que 5 horas na visitação.

Como revestimento de impermeabilização da BET, foi utilizada a geomembrana de polietileno de alta densidade (PEAD) de 0,8mm, com a finalidade de evitar contaminação do solo por infiltração de efluente (Figura 4a). O fundo da geomembrana foi preparado para receber o restante dos elementos do sistema e para isso foi utilizada uma camada de 0,10m de areia grossa, evitando perfurações na geomembrana (Figura 4a).

Feita a preparação do fundo, na estrutura interna da BET, foram utilizados alguns materiais considerados de descarte, como pneus usados (de automóveis) e entulhos, focando na sustentabilidade ambiental. Foram utilizados 74 pneus, encaixados em pé e dispostos em duas linhas paralelas e centrais por todo o comprimento da BET, formando duas câmaras. As laterais entre as linhas de pneus e a parede da BET foram preenchidas com material

filtrante: 60 cm de entulhos de construção (Figura 4b). Na sequência foi instalada uma manta geotêxtil (Bidim) para evitar que a pedra brita e areia migrassem para o fundo da BET. Sobre a manta foi disposta uma camada de 30 cm de pedra brita nº 2, seguida por uma camada de 20 cm areia grossa (Figuras 4c). Por último, uma camada de 10 cm de terra para o plantio da vegetação (Figuras 4e e 4f).

Figura 4. Sistema bacia de evapotranspiração da CTR.



Figura 04a. Instalação da geomembrana e preparo do fundo com areia grossa para recebimento do entulho.



Figura 04b. Instalação de duas linhas de pneus formando câmaras de recebimento de efluentes. Detalhe para o preenchimento com entulho de construção.



Figura 04c. Distribuição da pedra brita sobre a manta geotêxtil. Detalhe para os tubos de amostragem instalados sobre as câmaras de pneus.



Figura 04d. Distribuição da areia sobre a pedra brita.



Figura 04e. Bacia de evapotranspiração concluída e camada de solo sobre a areia.



Figura 04f. Plantio de bananeiras no interior do sistema BET.

Fonte: Os autores (2019).

O efluente proveniente do tanque séptico entra no sistema através de uma tubulação de 100 mm, conectada na tubulação de pneus, no qual ocorre a distribuição lateral para a área preenchida com entulhos, pedra brita e areia, local em que os microrganismos realizarão a transformação do material.

As plantas são parte fundamental do sistema e deve ser dada preferência a espécies de crescimento rápido e alta demanda por água (GALBIATI, 2009; ALCOCER 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 (FIGUEIREDO et al., 2019). A taioba é uma monocotiledônea herbácea, tropical, perene, rizomatosa, que pode atingir até dois metros de altura. Possui, como características, grandes folhas cordiformes, encontradas em tons de verde e roxo escuro, com enormes limbos inteiros (folhas simples), com nervuras marcantes e grande capacidade de absorção de oxigênio, auxiliando na decomposição da matéria orgânica (FIGUEIREDO, et. al, 2018).

Galbiati (2009), cita que as espécies adaptadas para a funcionalidade destes sistemas são as bananeiras (*Musa sp*), espalhadas ao centro da bacia, e taiobas (*Xanthosoma sagittifolium*) para o tratamento de águas cinzas. No sistema implantado na CTR, foi plantada a bananeira da espécie *Musa cavendishii*, que por meio de suas raízes absorvem a umidade excedente do sistema. Além de serem frutíferas, são plantas de crescimento rápido, com alto poder de evapotranspiração e absorvem parte dos nutrientes disponíveis na BET para seu desenvolvimento. Para o consumo da banana, faz-se necessário análises parasitológicas necessárias, não sendo possível o consumo imediato.

As águas cinzas são os efluentes domésticos que não possuem contribuição da bacia sanitária, ou seja, os efluentes gerados pelo uso residencial de chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e pia de cozinha.

É definida como uma caixa destinada a reter, na sua parte superior, as gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto. Formam-se assim, camadas que devem ser removidas periodicamente e alocadas em aterros como resíduos, evitando que estes componentes escoem livremente pela rede, obstruindo a mesma, conforme disposto na norma NBR 8160 de 1999 da ABNT. Esta norma estabelece ainda o dimensionamento desta caixa para cada imóvel, ou seja, para residências com até duas pias, ao qual precisa ter capacidade mínima para 18 litros. Para a caixa de gordura construída na CTR, foi considerado o dimensionamento utilizado em restaurantes, hospitais e quartéis. Foi construída em alvenaria e dimensionada para reter 80 litros (Figura 5), com localização próxima ao filtro para águas cinzas que receberá o efluente.

Figura 05. Caixa de gordura em alvenaria



Fonte: Os autores (2019).

O filtro para águas cinzas foi construído para recepção provenientes da caixa de gordura. Foi realizada escavação mecânica no solo e construída caixa em alvenaria com dimensão de 5,0 x 1,30 x 1,50m (9,75m³).

O interior da caixa foi revestido e impermeabilizado com uma camada de lona plástica de 200 micras. Na sequência, foi disposto no fundo da caixa um retângulo com

tubulação de 100mm perfurada com broca \varnothing 10 com duas reduções de 100 x 50mm, localizadas em pontos divergentes, um para monitoramento de nível e outro para saída do excedente que será utilizado na irrigação de abóboras e plantio de bananeiras.

Na entrada das duas tubulações foram instalados pontos de monitoramento com canos de PVC de 100mm, que servem tanto para coleta de efluentes quanto para verificar o nível no interior do sistema. O nível do efluente no interior da BET foi realizado com uma régua rústica, confeccionada em cabo de vassoura e graduada de cinco em cinco centímetros.

O preenchimento da caixa ocorre da seguinte maneira: no fundo e sobre a tubulação de 100mm foi disposta 0,20m de pedra rachão. Em seguida, uma camada 0,80m de areia grossa e 0,20 m de pedra brita nº 2 (Figuras 6).

Figura 6. Impermeabilização e Plantio na Bacia de evapotranspiração



Figura 06a. Impermeabilização com lona plástica. Detalhe para tubulação coletora (fundo) e tubulação lateral para monitoramento e saída do excedente.



Figura 06b. Plantio da taioba (*Xanthosoma sagittifolium* (L.)) no sistema para tratamento de águas cinzas.

Fonte: Os autores (2019).

O efluente cinza proveniente da caixa de gordura passa pelo filtro, por gravidade, e atravessa todas as camadas até ser captado pelo dreno inferior de 100 mm instalado no fundo do sistema e encaminhado pela tubulação de 50mm lateral diretamente para irrigação.

Após 60 dias de funcionamento do filtro para águas cinzas, foram plantadas mudas de taioba (*Xanthosoma sagittifolium*), sobre o sistema (Figura 12).

Resultados e discussões

A bacia de evapotranspiração entrou em operação em agosto de 2019 e nos 12 meses de acompanhamento do sistema não houve entupimentos, proliferação de odores e

de vetores ou extravasamentos, indicando que o dimensionamento adotado para o tanque séptico e BET foi apropriado.

Por meio da análise do nível do efluente no interior 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 séptico e a sua impermeabilização, os passos mais importantes na execução do sistema.

A geomembrana de polietileno de alta densidade empregado no sistema da CTR, de acordo com Vertematti (2004), é o geossintético mais utilizado, no que condiz a obras que exijam a capacidade de prevenir ou bloquear a migração de fluidos, sejam eles líquidos ou gases, para fora ou para dentro de um sistema.

A partir deste sucesso da BET instalada na CTR, foi possível analisar que realmente as geomembranas suportaram esforços decorrentes do peso estocado, esforços por dilatação térmica e efeitos de recalques ou movimentação provocada por entulho de construção, brita e areia, utilizadas na construção da BET.

As plantas utilizadas sobre o sistema estão atuando eficientemente e pode-se dizer que as bananeiras e taiobas se desenvolveram com normalidade, sugerindo que as suas condições nutricionais e hídricas foram satisfatórias. De acordo com Figueiredo et al (2019) um 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.

Os resultados dos quatro parâmetros físico-químicos do efluente final analisados na bacia de evapotranspiração da CTR encontram-se organizados (Tabela 01), sendo possível observar pH básico, permanecendo na faixa considerada ideal, entre 6,0 e 8,3, para os processos de digestão anaeróbia, de acordo com Chernicharo (2007).

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 01. Parâmetros físicos e químicos amostrados na bacia de evapotranspiração

Parâmetro	Número de coletas	Ponto de entrada	Ponto de saída	Eficiência (%)
DBO (mg O₂ L⁻¹)	2	328,6	43,9	86,64
DQO (mg O₂ L⁻¹)	2	750,5	72,8	90,29
pH	2	7,39	7,10	-
Turbidez (UT)	2	1.213	143	88,2

Fonte: Os autores (2020).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apresentou eficiência de 86,64% e seguiu a mesma tendência observada para demanda química de oxigênio (DQO), com desempenho de 90,29%.

O valor alcançado pela bacia de evapotranspiração apresenta-se 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 mg O₂ L⁻¹. Em estudos realizados por Ávila (2005), a autora obteve média de 91% na DBO e 70% na DQO em tanques sépticos. Sabei (2015) obteve média de 67,19% de DBO e 71,39 de DQO em trabalhos realizados na Região Metropolitana de Curitiba. Athaydes e Crispim (2016) obtiveram resultados de 69% para DQO e 78% para DBO em BET's instaladas na zona rural do município de Iretama – Paraná.

O valor de turbidez foi elevado no tanque séptico (ponto de entrada) e relativamente menor na BET (ponto de saída), apresentando 88,2% de eficiência relacionada a filtragem física e ação de microrganismos no seu interior, uma vez que a turbidez da água em bacia de evapotranspiração está diretamente relacionada aos sólidos em suspensão. Possíveis odores têm sua fonte nestes sólidos em suspensão e gases dissolvidos. Pesquisas de Pires (2012) e Galbiati (2009) encontraram valores mais baixos tanto na entrada quanto na saída dos sistemas estudados em comparação ao da CTR. Já Figueiredo et al. (2019) apresenta valores mais altos na entrada e menores na saída, com eficiência de 98,3% do sistema.

Segundo Von Sperling (2016) a turbidez de origem antropogênica pode reduzir a entrada de luz em corpos hídricos, reduzindo a fotossíntese, levando ao consumo do oxigênio dissolvido. A Resolução CONAMA 430/2011 não impõe valores máximos de turbidez para despejo de efluentes em corpos hídricos. No caso do sistema implantado na

CTR, os odores são formados apenas no tanque séptico, resultante do processo digestivo das bactérias.

O odor não representa risco à saúde dos habitantes, porém é um incômodo para os residentes. Para resolver a dispersão dos gases formados no tanque séptico, a equipe instalou uma tubulação de 100mm e 5 metros de altura, responsável para conduzir os gases posteriormente dissipados pela corrente de ar.

O antigo sistema de tratamento que atendia a CTR era a fossa negra, uma escavação de 5 metros de profundidade que recepcionava em um único ambiente todo efluente de águas cinzas e negras, porém, o sistema não funcionava devido a colmatagem provocada pela gordura proveniente do refeitório, provocando transbordamento do efluente, contaminação do ambiente por meio dos odores e agentes patogênicos, sendo necessário a cada bimestre, a contratação de empresas de auto fossas para esvaziá-la (Figura 8).

Figura 8. Comparativo entre o sistema atual e o antigo sistema.



Figura 8a. Tubulação para alívio dos gases formados no interior do tanque séptico.



Figura 8b. Transbordamento da antiga fossa negra existente na CTR.

Fonte: Os autores (2019).

A construção da BET é viável, pois, além do tratamento de efluente apresenta atrativos, quando comparada a outros sistemas (sejam eles convencionam ou não) tais como, reutilização de materiais de construção civil e pneus usados, baixo custo, em média entre R\$ 120,00 a R\$ 150,00 o metro quadrado. Com recursos provenientes de doações de colaboradores, o investimento realizado na CTR foi de R\$ 14.200,00 para construção da caixa séptica, BET, caixa de gordura e filtro de águas cinza.

O potencial paisagístico e a possibilidade do plantio de frutíferas sobre a BET, tal como bananeiras, que ao gerar frutos podem ser consumidos pelo ser humano (se realizadas as análises parasitológicas necessárias após 180 dias da conclusão do sistema), além de

contribuírem sobremaneira para a eficiência do sistema, uma vez que auxiliam na evapotranspiração da água e na retirada de nutrientes presentes no efluente do sistema, sendo desta maneira incorporados à sua biomassa, realizando a reciclagem de água e nutrientes e contribuindo grandemente para a preservação do meio ambiente, com um sistema totalmente impermeável e de alta eficiência na redução de contaminantes, além da eliminação de insetos e odores resultantes dos gases produzidos.

Considerações finais

A falta de saneamento ambiental no meio rural ainda é visível nos dias de hoje, o que gera preocupações, pois, está diretamente associado a contaminação do meio ambiente, impactando a saúde humana. A criação de uma rede de tratamento de esgotos é um dos caminhos a percorrer para que se possa amenizar essa situação.

A implantação do sistema ecológico BET para o tratamento do esgoto na CTR contribuiu para cessar a contaminação do solo e possivelmente do lençol freático por agentes patogênicos que estavam escoando a céu aberto. O sistema também auxiliou para melhoria na qualidade de vida dos moradores e funcionários, além de reduzir gastos bimestrais com empresas de auto fossas e para a preservação ambiental.

Os resultados obtidos nas primeiras análises de qualidade dos efluentes já demonstram um bom funcionamento e eficiência, mas é importante destacar que eles representam apenas uma análise pontual, sem periodicidade, sendo que para se ter uma avaliação mais precisa da eficiência da BET, será necessária uma sequência de coletas, observando algumas variáveis como: fatores meteorológicos, taxas hidráulicas, variações da carga orgânica. Estes fatores podem afetar diretamente a eficiência do sistema.

A importância do tratamento de esgotos no espaço rural é imprescindível para a qualidade ambiental e a preservação da saúde humana. Este trabalho é resultado da implantação de tecnologias alternativas de saneamento ambiental em propriedades rurais para pequenos grupos de pessoas, bem como, para famílias de agricultores. Contudo, para a implantação da BET e obtenção de sua boa eficiência, deve-se considerar alguns aspectos físicos, tais como: topografia do terreno, tipo de solo, níveis de incidência solar. Tais aspectos são fundamentais, tendo em vista que o solo do local tem que ser favorável à compactação, para evitar possíveis deformações ao receber materiais pesados (como entulho, areia, pedra brita e terra) e, além disso, a localização em relação à incidência de luz solar é primordial,

pois quanto mais iluminação o sistema receber, maior será o processo de evaporação e evapotranspiração.

Para os funcionários e pacientes da Comunidade Terapêutica Redenção, a bacia de evapotranspiração implantada tem funcionado bem, sem a produção de odores desagradáveis, proliferação de insetos e sem a necessidade de limpezas de dejetos frequentes como ocorria no passado.

Os resultados obtidos com a instalação dos sistemas de tratamento de esgotos modelo Bacia de Evapotranspiração na CTR contribuem para amenizar o problema da falta de saneamento na zona rural e proporcionar uma melhor qualidade de vida às pessoas atendidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Estadual do Paraná, Laboratório de Pesquisa Geoambiental da UNESPAR, Funcionários e Pacientes da CTR pelo empenho nos trabalhos.

Referências

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160:1999**. Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.
- ABONIZIO, R. M. **Saneamento básico no meio rural: um estudo em assentamento rural no interior do Paraná**. Dissertação de mestrado. UFPR, Campo Mourão, PR. 2017.
- 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
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION – AWWA; WATER ENVIROMENT FEDERATION – WEF. **Standard methods for theexamination of water and wastewater**. 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012.
- ANDRADE NETO, C. O. **Sistemas Simples para Tratamento de Esgotos Sanitários: Experiência Brasileira**. 1997. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 301p.
- ATHAYDES, T. V. S.; CRISPIM, J. Q. **Saneamento rural por meio de estação de tratamento de esgoto por zona de raízes modelo bacia de evapotranspiração (BET) no município de Iretama – Paraná**. Paranaíba. 2016. Disponível em: <<http://www.fecilcam.br/eventos/index.php/eaic/ieaic/paper/viewFile/4176/1094>> Acesso em: 18 de novembro de 2019.

ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbico com diferentes tipos de meio suporte**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de doutoramento. Rio de Janeiro, 2005.

BARROS, R.T. de V.; et. al. **Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios**. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG, 221p. (Volume II, Saneamento). 1995.
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.

BRASIL, Ministério do Desenvolvimento Agrário. **Agricultura familiar no Brasil e o censo agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <<http://sistemas.mda.gov.br/arquivos/2246122356.pdf>> Acesso: 28 de nov. de 2019.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Brasília, 5 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso: 28 de out. de 2019.

BRASIL. **Lei Nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Brasília: 27/04/1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm> Acesso: 28 de maio de 2019.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 380p., 2ª ed. 2007.
CHERNICHARO, C. A. de L.; BORGES, J. M. **Metodologia utilizada durante a partida de um reator UASB de 477m³ tratando esgotos tipicamente domésticos**, México, DF: Anais do XXV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 1996.

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.

DE ÁVILA, R. O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbico com diferentes tipos de meio suporte**. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Solos**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª edição. Brasília, 2006.

FAUSTINO, A. **Estudos Físico-Químicos de efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. 2007. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Química Analítica, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.

FIGUEIREDO, I. C. S.; BARBOSA, A. C.; MIYAZAKI, C. K.; SCHNEIDER, J.; COASACA, R. L.; MAGALHÃES, T. M.; TONETTI, A. L. **Bacia de Evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário**. Revista DAE. São Paulo, n. 220, vol. 67, 2019.

FIGUEIREDO, I. C. S.; SANTOS, B.; TONETTI, A. L. **Tratamento de esgoto rural: Fossa verde e círculo de bananeiras**. Biblioteca UNICAMP, Campinas, 2018.

FONSECA, A. R. **Tecnologias sociais e ecológicas aplicadas ao tratamento de esgotos no Brasil**. 2008. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde Pública, Departamento de Saúde e Saneamento Ambiental, Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2008.

Implantação e avaliação do sistema Bacia de Evapotranspiração (BET) para o tratamento do esgoto doméstico no meio rural: o caso da Comunidade Terapêutica Redenção no município de Campo Mourão - PR. Tiago Vinicius Silva Athaydes et al.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de saneamento**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

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.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. 2007. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20150630_220710.pdf Acesso em: 12 set. 2019.

GUIMARÃES, J. R.; NOUR, E. A. A. **Tratando Nossos Esgotos: Processos que imitam a natureza**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. 2001 Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/esgotos.pdf>>. Acesso em 11 de junho de 2019.

IBGE. (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), **PNAD 2013**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/download/Rede%20coletora%20e%20fossa%20ligada%20a%20rede.csv>>. Acesso em 28 de nov. de 2019.

KAICK, T. S. V.; MACEDO, C. X.; PRESZNHUK, Rosélis A. **Jardim Ecológico – Tratamento de Esgoto por Zona de Raízes: Análise e Comparação da Eficiência de uma Tecnologia de Saneamento Apropriada e Sustentável**. 2008. Disponível em: Acesso em: 05 de julho de 2019.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR**. Dissertação de mestrado. UFPR, Curitiba, 2010.

LEAL, F. C. T. Juiz de Fora. 2008. **Sistemas de saneamento ambiental. Faculdade de Engenharia da UFJF**. Departamento de Hidráulica e Saneamento. Curso de Especialização em análise Ambiental. 4 ed. 2008. Notas de Aula.

LEAL, J. T. da C. P. **Tanque de evapotranspiração**. EMATER-MG. Belo Horizonte, 2014. 15p.

LEMES, J. L. V. B.; et al. **Tratamento de esgoto por meio de zona de raízes em comunidade rural**. 2008. Disponível em: <<https://sitiocurupira.files.wordpress.com/2014/06/zona-de-raizes.pdf>>. Acesso em 13 de junho de 2019.

LINS, G. A. Impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos (ETE). **Dissertação de mestrado**. UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

NEGRE, T. S. et al. **Sensibilização ambiental: o caso do Terraquarium em uma IES na cidade de Palmas-To**. Faculdade Católica do Tocantins. Tocantins. 2011.

NUVOLARI, A. et. al. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher: São Paulo, 2003.

OTENIO, M. H.; LOPES, J. D. S (Org.) **Tratamento de Água e Esgoto na Propriedade Rural**. 1. ed. Viçosa MG: Centro de Produções Técnicas – CPT, 2011.

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.

Implantação e avaliação do sistema Bacia de Evapotranspiração (BET) para o tratamento do esgoto doméstico no meio rural: o caso da Comunidade Terapêutica Redenção no município de Campo Mourão - PR. Tiago Vinicius Silva Athaydes et al.

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.

REIGOTA, M. **O que é educação ambiental.** 2ª ed. São Paulo: Brasiliense, 2009.

SABEI, T. R. **Educação ambiental não formal voltada para o saneamento ambiental na comunidade rural Colônia Mergulhão, São José dos Pinhais – PR.** Dissertação de Mestrado. UTFPR. Curitiba, 2015.

SANTOS, B.S.; CRISPIM, J.Q. **Monitoramento de estações de tratamento de esgotos por zona de raízes instaladas no município de Campo Mourão - PR.** In: Encontro Anual de Produção Científica e tecnológica. 2013.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S.; CORDEIRO NETTO, O.M. **Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 18, p. 1713-1724, 2002.

TEIXEIRA, J. B. **Saneamento rural no Brasil: perspectivas.** In: Cadernos temáticos. (Vol.7). Brasília: Ministério das Cidades, 2010.

VERTEMATTI, J. C., 2004. **Manual Brasileiro de Geossintéticos.** 1. ed. São Paulo: Blucher, 2004. 428p.

VIEL, R. **Estudo do funcionamento da Estação de Tratamento de Esgotos do Campus da Fundação Oswaldo Cruz.** 1994. 54 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Fiocruz, Rio de Janeiro, 1994.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – **Water, Sanitation and Hygiene Links to Health,** 2004.

Recebido em: outubro de 2020

Aceito em: julho de 2021