



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

PROPOSTA DE SOLUÇÃO ALTERNATIVA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS DE DOMICÍLIOS RURAIS DISPERSOS: Estudo de Caso do Projeto Piloto de Florestal – MG

Philippe Werner Sepúlveda, UFV, philipe.sepulveda@ufv.br

Alexandre Martins de Melo Sant'Ana, UFV, alessandro.matozinhos@ufv.br

Laiane Ferreira da Silva, UFV, laiane.ferreira@ufv.br

Alessandro Matozinhos da Cunha, UFV, alessandro.matozinhos@ufv.br

Summer Cândido Silva, UFV, pedro.silva21@ufv.br

Hygor Aristides Victor Rossoni, UFV, rosoni@ufv.br

RELATO DE EXPERIÊNCIA TÉCNICA

EIXO TEMÁTICO: Universidade, formação na engenharia e educação

RESUMO

No Brasil, o acesso ao saneamento rural é precário, uma vez que os centros urbanos possuem maior concentração de capital e de população. Desse modo, ciente de que o saneamento ambiental nas propriedades rurais é de fundamental importância para o meio ambiente, este trabalho visa propor alternativas para o tratamento de esgoto como o Tanque de Evapotranspiração e o Círculo de bananeiras. Dessa forma, as águas oriundas do vaso sanitário, por apresentarem alto potencial poluidor, podem ser tratadas por meio do Tanque de Evapotranspiração (TEvap). Ademais, as águas cinzas, provenientes dos demais dispositivos sanitários, podem ser direcionadas para o Círculo de Bananeiras, uma vez que essa tecnologia é capaz absorver os nutrientes que poderiam ser prejudiciais ao meio ambiente. Assim sendo, tais propostas técnicas tiveram um custo total razoável estimado em R\$ 3.727,82, sendo R\$ 3.040,93 reais para o sistema TEvap e R\$ 686,80 reais para o Círculo de Bananeiras.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento Rural; Círculo de bananeiras; Tanque de Evapotranspiração, Tratamento;



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

CONTEXTO

No Brasil, o acesso aos serviços de saneamento básico em áreas rurais é precário, de tal modo que as populações residentes nessas áreas não possuem acesso efetivo aos sistemas de coleta e de tratamento de esgoto. Nesse sentido, devido à falta de recursos técnicos e financeiros, aproximadamente 75% da população rural, equivalente a 23 milhões de pessoas que residem no campo, encontram-se excluídos dos serviços básicos de saneamento (COSTA et al., 2014).

Desse modo, devido à ausência de meios adequados de tratamento de esgoto, os moradores dessas regiões destinam os resíduos sanitários diretamente aos cursos d'água ou para fossas rudimentares ou adsorventes – dispositivos sem impermeabilização e com ausência de tratamento específico para decomposição de matéria orgânica - (REZENDE, 2019; VALE, 2022).

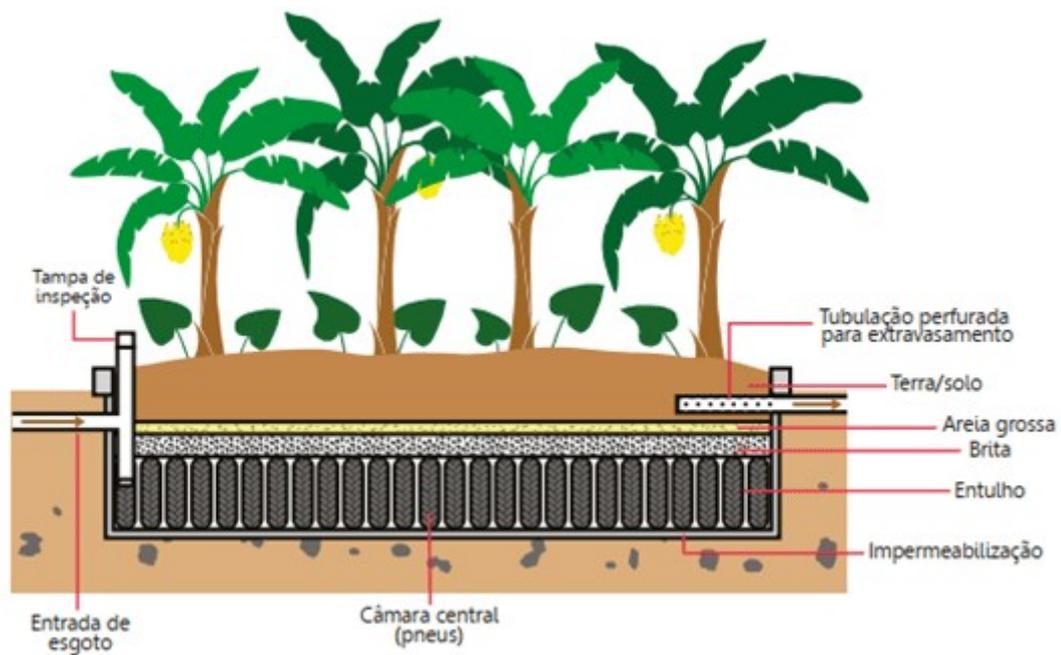
Ademais, a carência de acesso ao saneamento básico proporciona riscos à saúde humana, uma vez que doenças como diarreia, leishmaniose, leptospirose estão associadas às condições precárias provenientes da ausência desse serviço fundamental (BAYER et al., 2021).

Nesse contexto, a implementação das tecnologias convencionais utilizadas no tratamento de efluentes torna-se complexa e dispendiosa nas áreas rurais. Dessa forma, a utilização de tecnologias mais acessíveis e sustentáveis se apresenta como alternativa viável para promover o acesso ao saneamento (ROCHA, 2021). Por essa razão, as tecnologias sustentáveis como o Tanque de Evapotranspiração (TEvap) e o Círculo de Bananeiras podem servir de alternativa para o tratamento do esgoto doméstico (FIGUEIREDO et al., 2019; ROCHA, 2021).

O Tanque de Evapotranspiração (Figura 1) é o sistema destinado ao tratamento de águas residuárias de origem fecal e urina ou do vaso sanitário, composto por um tanque retangular impermeabilizado por materiais como a lona plástica, assim como de

uma câmara de recepção interna feita de pneus. Adicionalmente, há camadas de diferentes substratos, como entulhos, britas e areia, com espécies de plantas de folhas largas não frutíferas plantadas na camada superior de solo (GALBIATI, 2009).

Figura 1 – Sistema do Tanque de Evapotranspiração.



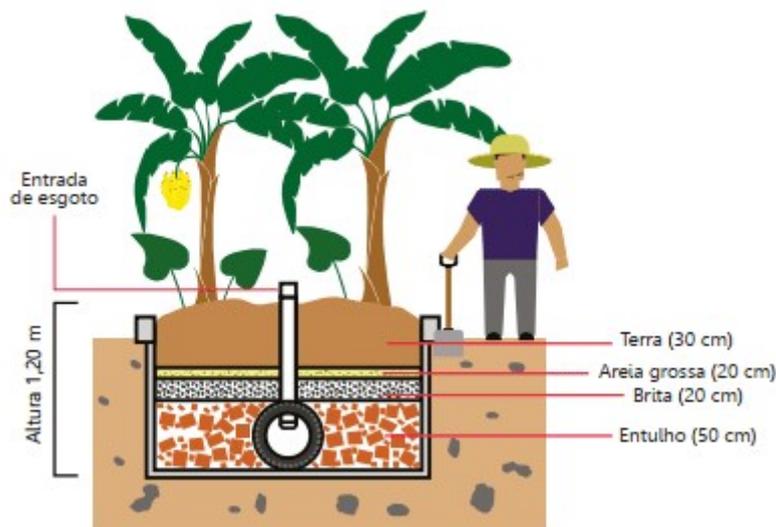
Fonte: FIGUEIREDO et al. (2018)

Nesse tipo de tratamento, o processo se inicia quando o efluente entra pela parte inferior do sistema, acumulando-se na câmara de recepção, na qual ocorre a digestão anaeróbia. Por conseguinte, à medida que o nível do efluente vai preenchendo as camadas superiores de substrato, o mesmo é mineralizado e filtrado por processos aeróbios de decomposição microbiana. Por fim, ocorre o processo de evapotranspiração, no qual o efluente atinge a camada superior de solo e, por meio da ascensão capilar nas plantas, evapora-se na atmosfera (GALBIATI, 2009).

Nesse contexto, torna-se relevante enfatizar que a disposição dos substratos deve ser realizada com a formação de camadas independentes e sobrepostas, seguindo a sequência de entulho, brita, areia grossa e solo, ou adotando

uma configuração similar (Figura 2). Nesse sentido, a disposição correta dos materiais durante a construção é fundamental para que tanto o processo de filtração quanto o de decomposição da matéria orgânica sejam eficientes (FIGUEIREDO et al., 2018).

Figura 2 – Sistema do Tanque de Evapotranspiração.

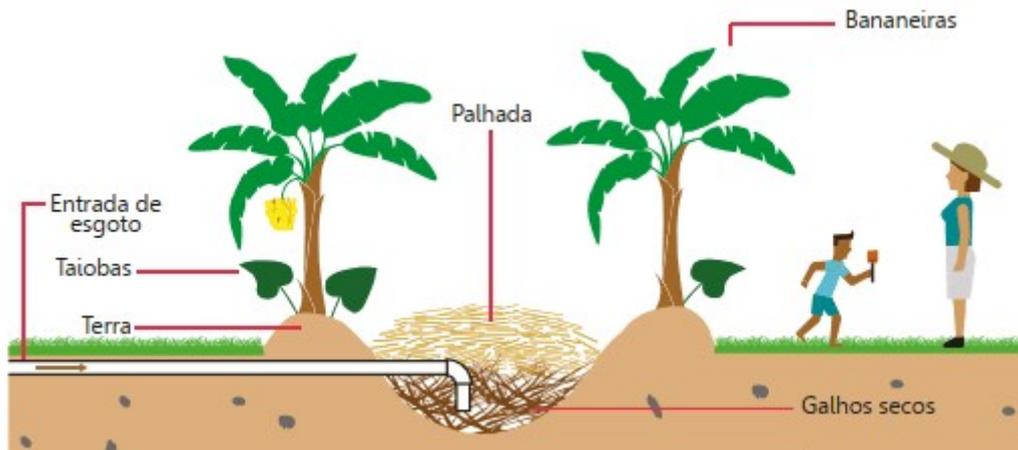


Fonte: FIGUEIREDO et al. (2018)

Outra tecnologia sustentável é o "Círculo de Bananeiras", concebido com o propósito de tratar águas cinzas, isto é, águas residuárias domésticas que não contêm materiais fecais. Esse sistema consiste em realizar o plantio circular de bananeiras e direcionar o fluxo dessas águas de forma subsuperficial (Figura 3). Desse modo, as plantas conseguem absorver os nutrientes presentes no efluente, que podem ser prejudiciais quando lançados diretamente no solo ou corpos d'água, além de evitar a proliferação de vetores de doenças associadas à falta de saneamento (FIGUEIREDO et al., 2019).

De forma geral, esse sistema é composto por uma vala, na qual são dispostas uma camada inferior de galhos secos e outra camada superior de palhada (Figura 3). Ademais, a tubulação proveniente da edificação é ligada ao sistema por meio de um joelho de PVC, localizado na camada superior (FIGUEIREDO et al., 2018).

Figura 3 – Círculo de Bananeiras



Fonte: FIGUEIREDO et al. (2018)

No funcionamento dessa tecnologia, os nutrientes e a água, provenientes do efluente que se depositou na vala, são absorvidos pelas plantas que estão ao redor da área escavada. Além disso, parte do volume de água é absorvido pelo solo, uma vez que este sistema não é impermeabilizado (FIGUEIREDO et al., 2019).

Ademais, a utilização desses sistemas demanda que as plantas selecionadas sejam eficientes no processo de evapotranspiração. Desse modo, torna-se necessário selecionar plantas com raízes ramificadas ou fasciculadas, uma vez que estas possuem maior eficiência no processo de absorção de água e de nutrientes do solo (GALBIATI, 2009; LEAL, 2014).

Em resumo, tanto o Tanque de Evapotranspiração quanto o Círculo de Bananeiras são adequados para atender uma demanda de uma residência de quatro até cinco pessoas, desde que a profundidade, no caso do TEvap, esteja na faixa de entre 1 e 1,2 metros, com uma área superficial de 10 metros quadrados (GALBIATI, 2009).

Do mesmo modo, o Círculo de Bananeiras pode atender a uma demanda semelhante, contanto que se construa uma vala com valores próximos a 2 metros de diâmetro e 0,80 metros de profundidade (FIGUEIREDO et al., 2018).



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

Devido à necessidade de promover o acesso ao saneamento rural, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) elaborou o Programa Brasil Saneamento Rural (PBSR). Nesse contexto, por meio de articulações políticas entre a Prefeitura Municipal de Florestal, a Universidade Federal de Viçosa (UFV) – Campus Florestal (CAF) e o Governo Federal, o município de Florestal foi selecionado para sediar uma das primeiras experiências piloto do PBSR, com o objetivo de se tornar um modelo a ser replicado nas áreas rurais do país.

O investimento inicial para o projeto piloto foi inicialmente estimado em torno de R\$ 6 milhões, com a previsão de atendimento de 1.148 habitantes (ou 414 domicílios) da zona rural. Contudo, torna-se necessário ressaltar que o prazo estabelecido para implementação das atividades foi para os anos de 2022 e 2023, e até o momento não foram realizados os repasses de recursos financeiros¹.

Apesar de ainda não ter sido efetuado o repasse de recursos necessários por parte da FUNASA, os projetos continuam em execução graças aos esforços tanto da prefeitura quanto da UFV. Assim, os diagnósticos situacionais das condições de saneamento das populações rurais e isoladas já está sendo finalizado, assim como o processo de implantação do centro de Vivência em Educação e Saneamento Rural da mesma universidade.

Nessa perspectiva, estão a ocorrer ações conjuntas por meio de uma parceria entre a Universidade Federal de Viçosa (UFV), a Prefeitura Municipal de Florestal em Minas Gerais, a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) com o objetivo de construir modelos operacionais de soluções alternativas sustentáveis para o tratamento de das águas residuárias de origem fecal e urina e as servidas (águas cinzas), para a população rural dispersa.

¹ As informações relacionadas com o valor do investimento se encontram nos seguintes links: <https://www2.dti.ufv.br/noticias/scripts/exibeNoticiaMulti.php?codNot=35190> e http://www.funasa.gov.br/todas-as-noticias/-/asset_publisher/lpnzx3bJYv7G/content/em-minas-funasa-planeja-projeto-piloto-do-programa-saneamento-brasil-rural?inheritRedirect=false



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

Desse modo, o presente trabalho tem por objetivo descrever a experiência de implementação de tecnologias de saneamento para a comunidade rural dispersa do município de Florestal/MG, assim como no Centro de Vivência em Educação e Saneamento Rural da Universidade Federal de Viçosa.

DESCRIÇÃO DA EXPERIÊNCIA

Nesse contexto, para promover a difusão tecnológica para a comunidade foi realizado o “Dia de Campo sobre Aspectos Técnicos e Práticos da Construção do Tanque de Evapotranspiração (TEvap) para o Tratamento de Águas Residuárias de Domicílios Rurais Dispersos (EVE UFV-2544/2023).

Para tanto, o evento contou com a participação de aproximadamente 60 inscritos, pertencentes aos grupos de Extensionistas da EMATER – MG; técnicos da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA); funcionários da Prefeitura Municipal de Florestal; agricultores e comunidade acadêmica.

A primeira iniciativa, ocorrida no dia 26/09/2022, consistiu na edificação de um Tanque de Evapotranspiração nas instalações do Centro de Vivência em Educação e Saneamento Rural, situado na Avenida dos Funcionários, número 346, pertencente à Universidade Federal de Viçosa – Campus Florestal, CEP 35690-000. Esse centro encontra-se localizado na Zona Rural, a uma distância de 500 metros do centro do município de Florestal, Minas Gerais. Nesse sentido, a finalidade de construção de tal sistema foi de servir a propósitos de divulgação científica e de educação ambiental.

Além disso, a segunda experiência, realizada no dia 17/03/2023, envolveu a construção de um Círculo de Bananeiras na propriedade de um produtor rural do município de Florestal, também para fins de divulgação de tecnologias alternativas de saneamento.

Nesse contexto, coube a EMATER a função de estabelecer o diálogo com a família beneficiada pela primeira experiência, uma vez que cabe a essa organização realizar pesquisa agropecuária, prestar assistência técnica, desenvolver e adaptar tecnologias



por meio de metodologias educativas e participativas, contribuindo para a promoção do desenvolvimento rural.

Desse modo, o presente trabalho está relacionado à implantação das melhorias previstas no diagnóstico elaborado pelo município de Florestal/MG. Nesse sentido, foram apontadas como melhorias a serem implementadas na comunidade rural dispersa, o Tanque de Evapotranspiração (TEvap) para tratamento das águas provenientes dos vasos sanitários e o Círculo de Bananeiras para tratamento de águas cinzas provenientes da cozinha, da área de serviço, dos lavatórios e dos chuveiros.

Considerações de preliminares de dimensionamento

Nesta experiência, os critérios empregados no dimensionamento dos sistemas de tratamento de efluente consistiram na consideração de uma residência situada em área rural, composta por cinco membros.

Tanque de evapotranspiração

Na implementação do Tanque de Evapotranspiração, foi necessário a individualização da tubulação do sistema de coleta de esgoto da edificação, de forma que o fluxo oriundo dos vasos sanitários fosse separado das águas de servidão, que por sua vez, foram destinadas ao sistema de tratamento do Círculo de Bananeiras (LEAL, 2014).

O sistema do TEvap é de construção simples, de modo que a utilização de mão de obra voluntária pode tornar o custo de construção da obra menos dispendioso. Além disso, este sistema possui uma eficácia considerável para atender residências rurais (GALBIATI, 2009).

Neste modelo, para a construção da câmara interior foram utilizados pneus, ao passo que na camada de substratos utilizou-se de camadas sobrepostas de brita, areia e solo, o qual foi coberto com camada vegetal para promover a evapotranspiração (FIGUEIREDO et al., 2018).

Desse modo, para iniciar a construção, primeiro foi escavada uma vala, por meio de uma retroescavadeira – que também pode ser substituída por escavação manual –, com as dimensões de 2 metros de largura (L) e profundidade de 1 metro (P). Sendo que o comprimento (C) de 1 metro foi adicionado a cada morador da residência. Neste sentido, considerando o presente relato de experiência, foram necessários 5 metros de comprimento, para atender os 5 moradores, da residência utilizada como critério inicial de dimensionamento. Dessa forma, foi obtido o volume de 10 m^3 [$2\text{m (L)} \times 1\text{m (P)} \times 5\text{m (C)}$].

Na etapa de construção da base de concreto impermeável, utilizou-se o traço de 1:6,3:9,9, com resistência à compressão de 15 MPa. Para tanto, foram utilizados 5,39 sacos de 50kg de cimento, $0,613\text{m}^3$ de areia, $0,957\text{m}^3$ de brita e 214,5 litros de água potável.

Figura 4 – Escavação.



Fonte: Autoria própria.

Em relação às paredes do tanque, estas possuem espessura de 0,05 metros, largura de 2 metros e comprimento de 5 metros, com um perímetro de 7 metros para cada parede, caracterizando um perímetro total de 14 metros.

Na fase de aplicação da argamassa impermeável nas paredes do sistema, calculou-se um volume total desse material de 0,7 metros cúbicos, uma vez que se multiplicou o perímetro total pela espessura das paredes. Nesta etapa, o emboço foi aplicado diretamente na parede do tanque com 2,5 cm de espessura, seguido da fixação da tela de galinheiro (fio 24), por meio da técnica denominada de ferrocimento.

Nesse contexto, essa técnica construtiva de ferrocimento é uma alternativa para construções mais simplificadas, uma vez que se utiliza de materiais como malha de ferro, tela de galinheiro e argamassa. Além de ser menos complexa e dispendiosa que o concreto armado (MELO, 2018).

Por fim, o emboço, na mesma espessura, é novamente aplicado nas paredes para a finalização do processo com o objetivo de proteger a estrutura contra intempéries (FIGUEIREDO et al., 2018).

Figura 5 – Aplicação da argamassa.



Fonte: Autoria própria.

Além disso, na etapa de construção da câmara foram utilizados um conjunto de pneus, dispostos de forma linear no centro do tanque. Ademais, foi instalado um tubo de PVC para o sistema de inspeção da câmara interna, o qual permite averiguar a situação do efluente dentro da mesma (LEAL, 2014).

Na etapa de aplicação dos substratos, estes foram dispostos em uma sequência apropriada, seguindo a ordem: Entulho, Brita, Areia Grossa e Solo. Dessa maneira, garantiu-se a obtenção de uniformidade e granulometria adequadas para o projeto. Além disso, a correta disposição desses materiais é fundamental para preservar a impermeabilidade do sistema (FIGUEIREDO et al., 2018).

A medida em que os substratos estavam sendo dispostos, utilizou-se de tubos de PVC, adequados para esgoto predial, para conectar o sistema à rede de esgoto da edificação, assim como para a instalação dos tubos de dreno (LEAL, 2014). Além disso, foram utilizados tubos de mesmo material, com diâmetro nominal de 100 milímetros, para os tubos de inspeção da câmara anaeróbica.

Figura 6 – Instalação da câmara interna e dos substratos filtrantes



Fonte: Aatoria própria.

Na camada superior de solo, torna-se necessário o plantio de plantas que sejam eficientes na absorção de água e de nutrientes, de forma que o processo de evapotranspiração seja eficiente. Desse modo, na construção do TEvap foram utilizadas plantas com folhas largas, raízes fasciculadas e ramificadas. Nesse sentido, é importante ressaltar que tais plantas também são importantes para fins relacionados ao paisagismo (GALBIATI, 2009; LEAL, 2014).

Na Figura 7, encontra-se o sistema finalizado com a cobertura vegetal concluída.

Figura 7 – Sistema concluído



Fonte: Autoria própria.

Círculo de bananeiras

Na implantação do Círculo de Bananeiras, escavou-se uma vala com um metro cúbico, ao passo que a terra retirada na escavação foi disposta para aumentar a altura da barragem. Desse modo, tal estrutura exerce a função de impedir que água de chuva carregue matéria orgânica e areia para dentro do sistema, assim como evitará que as águas cinzas provenientes da residência transborde para o entorno do dispositivo de tratamento de efluente (FIGUEIREDO et al., 2018).

Após a etapa inicial, a vala foi preenchida com pequenos galhos e com palhada na parte superior, de modo que se forme um ambiente arejado e espaçoso para receber o efluente e, dessa forma, o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica seja efetivo (FIGUEIREDO et al., 2018).

Na etapa de montagem da tubulação, utilizou-se uma caixa de gordura para atuar como filtro, uma vez que os resíduos gordurosos provenientes da cozinha podem causar entupimentos na tubulação ou impedir o correto funcionamento de todo o sistema.

Figura 7 – Escavação e preenchimento da vala.



Fonte: Autoria própria.

Ademais, para realizar a conexão da residência rural com o Círculo de Bananeiras, utilizou-se de uma tubulação de PVC que foi conectada em um joelho, o qual havia sido coberto pela camada de palha seca. Dessa forma, evitando-se contato do efluente com a superfície, com a finalidade de diminuir os riscos de contaminação (FIGUEIREDO et al., 2018).

Por fim, o plantio das bananeiras foi realizado em torno da vala, para que a evapotranspiração aconteça de forma eficaz. Além disso, recomenda-se que plantas como bananeiras, mamoeiros e taiobas sejam plantadas de forma conjunta, uma vez que essas espécies são eficientes no processo de absorção de água e de nutrientes (FIGUEIREDO et al., 2018).

Figura 8 – Círculo de Bananeiras



Fonte: Autoria própria.

Ademais, o Círculo de Bananeiras foi cercado, uma vez que a vala deste sistema pode oferecer riscos para as pessoas e aos animais que se encontram próximos do local.

Neste contexto, torna-se importante ressaltar que o uso de materiais de limpeza deve ser realizado com cautela, uma vez que a ação destes produtos pode comprometer o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica (SILVA, 2023).

RESULTADOS

Investimento no sistema do Tanque de Evapotranspiração

No âmbito do sistema projetado para uma família de composta por até cinco membros, o custo estimado conforme os dados disponibilizados pelo Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Construção Civil (SINAPI) está detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 - Planilha Estimativa Orçamentária referente a instalação de um TEvap.

ITEM	Código SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO	
					UNIT.	TOTAL
TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO						
9						
9.1	99059	LOCAÇÃO CONVENCIONAL DE OBRA, ATRAVÉS DE GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,0 METROS - 2 UTILIZAÇÕES	M²	10,00	R\$ 68,30	R\$ 683,00
9.2	90106	ESCAVAÇÃO MECANIZADA DE VALA COM PROFUNDIDADE ATÉ 1,5 M (MÉDIA MONTANTE E JU SANTE/UMA COMPOSIÇÃO POR TRECHO), RETROESCAV. (0,26 M3), LARGURA DE 0,8 MA 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA, LOCAIS COM BAIXO NÍVEL DE INTERFERÊNCIA. AF_02/2021	M³	10,00	R\$ 7,02	R\$ 70,20
9.3	95241	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS OU RADIER, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07_2016	M²	10,00	R\$ 30,87	R\$ 308,70
9.4	87294	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MANUAL, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS CEGOS DE FACHADA (SEM PRESENÇA DE VÃOS), ESPESSURA DE 25 MM. AF_09/2022	M²	0,70	R\$ 526,11	R\$ 368,28
9.5	96995	REATERRO MANUAL APOIADO COM SOQUETE.	M³	10,00	R\$ 47,39	R\$ 473,90
9.6	89714	TU BO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 100 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO.	M	12,00	R\$ 38,05	R\$ 456,60
9.7	89711	TU BO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	M	1,00	R\$ 21,37	R\$ 21,37
9.8	104357	CAP PVC ESGOTO 100MM (TAMPÃO) - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	UNID	1,00	R\$ 18,81	R\$ 18,81
9.9	89724	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 40 MM, JUNTA SOLDÁVEL, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	UNID	2,00	R\$ 9,90	R\$ 19,80
9.10	7091	TE SANITARIO, PVC, DN 100 X 100 MM, SERIE NORMAL, PARA ESGOTO PREDIAL	UNID	1,00	R\$ 47,16	R\$ 47,16
9.11	4722	PEDRA BRITADA N. 3 (38 a 50 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M³	0,50	R\$ 103,36	R\$ 51,68
9.12	4721	PEDRA BRITADA N. 1 (9,5 a 19 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	M³	0,50	R\$ 109,42	R\$ 54,71
9.13	367	AREIA GROSSA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	M³	1,00	R\$ 98,77	R\$ 98,77
9.14	365	MUDA DE ARBUSTO FOLHAGEM, SANSAO-DO-CAMPO OU EQUIVALENTE DA REGIAO, H= *50 A 70* CM	UNID	3,00	R\$ 57,90	R\$ 173,70
TOTAL TANQUE EVAPOTRANSPIRAÇÃO						R\$ 3.040,93

Fonte: SINAPI (2023)

Dessa forma, o custo do projeto, considerando materiais como areia grossa, brita, tubulações de PVC, concreto e serviços como locação de obras, entre outros,



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

apresentou-se acessível. Nesse sentido, o valor estimado para a construção de uma única unidade situa-se aproximadamente em torno de R\$ 3.040 mil reais (SINAPI, 2023).

Ademais, as demais informações com os gastos detalhados de forma mais completa encontram-se no seguinte link: https://docs.google.com/spreadsheets/d/1-AtudNC2_UWXh8PXluC2tQViLxoil0o3/edit?usp=sharing&oid=105652898369559841910&rtpof=true&sd=true

Investimento no Círculo de Bananeiras

O custo estimado dessa tecnologia para atender uma residência rural composta por até cinco membros está detalhado na Tabela 2.

Tabela 2 – Planilha Estimativa Orçamentária referente a instalação do Círculo de Bananeiras

ITEM	Código SINAPI	DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	CUSTO	
					UNIT.	TOTAL
CÍRCULO DE BANANEIRAS						
8						
8.1	74077/002	LOCACAO CONVENCIONAL DE OBRA, UTILIZANDO GABARITO DE TÁBUAS CORRIDAS PONTALETADAS A CADA 2,00M - 2 UTILIZAÇÕES. AF_10/2018	m²	1,54	R\$ 68,30	R\$ 105,09
8.2	90106	ESCAVACAO MECANICA DE VALA EM MATERIAL DE 2A. CATEGORIA ATE 2 M DE PROFUNDIDADE COM UTILIZACAO DE ESCAVADEIRA HIDRAULICA	m³	0,92	R\$ 7,02	R\$ 6,48
8.4	96995	REATERRO MANUAL APILOADO COM SOQUETE.	m³	0,92	R\$ 47,39	R\$ 43,75
8.5	89712	TUBO PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	m	5,00	R\$ 27,34	R\$ 136,70
8.6	89731	JOELHO 90 GRAUS, PVC, SERIE NORMAL, ESGOTO PREDIAL, DN 50 MM, JUNTA ELÁSTICA, FORNECIDO E INSTALADO EM RAMAL DE DESCARGA OU RAMAL DE ESGOTO SANITÁRIO	unid	1,00	R\$ 14,19	R\$ 14,19
8.7	98510	PLANTIO DE ÁRVORE ORNAMENTAL COM ALTURA DE MUDA MENOR OU IGUAL A 2,00 M. AF_05/2018	unid	4,00	R\$ 87,86	R\$ 351,44
TOTAL CÍRCULO DE BANANEIRA						R\$ 686,89

Fonte: SINAPI (2023)

Desse modo, o custo de execução da obra considerando materiais como os tubos e joelhos de PVC, assim como de serviços de locação de obra, escavação e plantio de mudas foi entorno de R\$ 686,80 reais (SINAPI, 2023). Em decorrência disso, o Círculo de Bananeiras pode servir como alternativa para o contexto rural, uma vez que o seu custo



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

e sua técnica construtiva não demanda de materiais dispendiosos e de recursos técnicos mais sofisticados.

Investimento Total nas Tecnologias para o Tratamento de Águas Residuárias

Nesse contexto, o investimento necessário para a adoção das soluções propostas neste trabalho é estimado em R\$ 3.727,73, sendo R\$ 3.040,93 reais para o sistema TEvap e R\$ 686,80 reais para o Círculo de Bananeiras. No entanto, este valor pode ser reduzido significativamente ao se contar com mão de obra voluntária, propondo um esquema de revezamento entre os voluntários.

Além disso, o TEvap e o Círculo de bananeiras são estruturas de construção simplificadas, de baixa necessidade de manutenção, que permitem a conservação tanto do solo quanto do lençol freático. No caso do TEvap, por ser construído de forma impermeabilizada, tal tecnologia impede que o efluente contamine o solo, além de oferecer água e nutrientes para a camada vegetal presente na camada de solo desse sistema (ROCHA, 2021).

O círculo de bananeiras, por sua vez, permite o tratamento das águas cinzas utilizando o próprio solo, o que acarreta na eficiência dos processos de decomposição da matéria orgânica, além de contribuir para o desenvolvimento da biomassa das plantas que estão ao redor do sistema (FIGUEIREDO et al., 2019).

Ademais, foi percebido que durante a elaboração e a construção dessas tecnologias, a população local estava envolvida e interessada no processo de construção e de operação das mesmas, tornando perceptível a fase de conscientização das populações rurais a respeito da importância e relevância dos temas de saneamento.



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se perceber que a adoção dessas novas tecnologias sustentáveis pode auxiliar na promoção do acesso ao saneamento básico nas comunidades rurais, uma vez que estas não dispõem de recursos financeiros e técnicos para utilizar as tecnologias já consolidadas na engenharia sanitária.

Além disso, espera-se que essas tecnologias de engenharia social, como as do TEvap e do Círculo de Bananeiras, possam ser replicadas em situações análogas em todo o território rural brasileiro disperso, diante a materialização do Programa Brasil Saneamento Rural (PBSR).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem: i) a Diretorias Geral; Administrativa e ao Setor de Manutenção da UFV – *Campus* Florestal, pelo fornecimento de materiais, equipamentos e recursos humanos, para a implantação das tecnologias sociais de saneamento; e ii) a Prefeitura Municipal de Florestal (PMF), a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Agricultura de Florestal; a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), por terem contribuído na realização de dois Dias de Campo e no Seminário sobre Propostas e Soluções Alternativas para o Saneamento Rural no Município de Florestal – MG, realizados respectivamente nos dias 26/09/2022 e 17/03/2023.

REFERÊNCIAS

BAYER, Natássia Molina; URANGA, Paulo Ricardo Ricco; FOCHEZATTO, Adelar. Política Municipal de Saneamento Básico e a ocorrência de doenças nos municípios brasileiros. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 13, 2021.



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

COSTA, Cinthia Cabral da; GUILHOTO, Joaquim José Martins. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, p. 51-60, 2014.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles; SANTOS, BSC dos; TONETTI, Adriano Luiz. Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras. *Biblioteca Unicamp*. Campinas, p. 28, 2018.

FIGUEIREDO, Isabel Campos Salles et al. Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. *Revista DAE*, v. 67, n. 220, 2019.

GALBIATI, Adriana Farina. Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração. 2009. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

LEAL, Jane Terezinha da Costa Pereira. Tanque de evapotranspiração. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2014. 15 p. il.

MELLO, L. D. Instituto de Permacultura como espaço não formal de aprendizagem em ciências. *Revista de Extensão e Estudos Rurais*, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 213–240, 2018. DOI: 10.36363/rever722018213-240. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/rever/article/view/3379>. Acesso em: 29 jul. 2023.

REZENDE, Diego César Veloso. Tanque de evapotranspiração no tratamento de esgoto sanitário em comunidades rurais. 2019. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) - Instituto Federal Goiano, Urutaí.

ROCHA, Gabriel. Tanque de evapotranspiração para tratamento de efluentes domésticos em zonas rurais. 2021. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.



XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SOCIAL

Crise e Transição: Engenheirando Alternativas

30 de Outubro a 01 de novembro de 2023

Belo Horizonte - MG, Brasil

SILVA, L. M. da . IMPACTOS DOS DETERGENTES NO MEIO AMBIENTE: EVIDÊNCIAS DE UM ESTUDO ECOTOXICOLÓGICO. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 1429–1441, 2023. DOI: 10.51891/rease.v9i2.8883. Disponível em: <https://www.periodicorease.pro.br/rease/article/view/8883>. Acesso em: 29 jul. 2023.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices de Construção Civil. [2023]. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-mg/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_MG_062023_NaoDesonerado.zip. Acesso em: 27/07/2023.

VALE, Gabrielle Brito do; RUGGERI JUNIOR, Humberto Carlos; SCALIZE, Paulo Sérgio. Service and precariousness of sanitary sewage in rural communities in the state of Goiás, Brazil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, p. 1067-1075, 2022.