

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS  
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA  
LUANNA CARMEM BARROS SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) DURANTE SEU  
FUNCIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRA**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA  
2019**

**LUANNA CARMEM BARROS SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) DURANTE SEU  
FUNCIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista como exigência parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Dr<sup>a</sup>. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho.

**SÃO JOÃO EVANGELISTA**

**2019**

S719a Souza, Luanna Carmem Barros.  
2019

Avaliação do Tanque de Evapotranspiração (TEVAP) durante seu funcionamento e construção do círculo de bananeira. / Luanna Carmem Barros Souza. – 2019.  
43f, il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2019.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho.

1. Saneamento básico. 2. Sustentabilidade. 3. Biofertilizante. I. Souza, Luanna Carmem Barros. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 631.86

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais  
Campus São João Evangelista  
Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

**LUANNA CARMEM BARROS SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO (TEVAP) DURANTE SEU  
FUNCIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Instituto Federal de Minas Gerais – Campus  
São João Evangelista como exigência parcial  
para obtenção do título de Bacharel em  
Agronomia.

Aprovado em 29/05/2019

BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Dra. Grazielle Wolff de Almeida Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Prof. Dr. Claudionor Camilo da Costa

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista



Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – São João Evangelista

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, meu pai, e meu irmão que sempre me apoiaram nos meus estudos e decisões.

Aos meus avós, que para sempre amarei.

E todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram com a minha formação.

DEDICO.

## AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder forças, compreensão paciência e amor para quão cada atividade desenvolvida.

Agradeço aos meus pais, Vicente Davino de Souza e Maria de Lourdes Barros Souza, e ao meu irmão, Lucas Barros Souza por me darem amor, afeto, carinho, coragem, força, ânimo, motivos para continuar e servirem como os principais pilares da minha vida. E também por serem pacientes, compreensivos, atenciosos e me apoiarem em cada decisão e me ajudarem a realizar cada um dos meus sonhos.

Agradeço aos meus avôs, Ilva da Conceição Souza e José Pedro de Souza, pelo amor e carinho ao qual nunca me faltou.

Agradeço ao meu grande amigo e colega de profissão Maykon Vinícios Silva da Fonseca por toda paciência, conselhos, empenho e esforço ao colaborar para que o resultado desse trabalho fosse o melhor possível.

Agradeço a minha orientadora Grazielle Wolff de Almeida Carvalho pelos conselhos e auxílios recebidos, também pela amizade e profissionalismo.

Agradeço aos professores que me auxiliaram nesta formação, pela amizade, ensinamentos e trabalho exemplar.

Agradeço a todos os meus tios e tias, pela amizade, atenção, carinho e auxílio prestado durante toda vida e todo o curso.

Agradeço aos meus primos (as) e a todos os amigos que sempre estiveram comigo e acreditam no meu potencial.

Enfim, agradeço a cada pessoa que de uma maneira ou outra me ajudou, me proporcionou alegria e contribuiu para o meu crescimento profissional e pessoal, o meu muito obrigada.

## RESUMO

Ainda nos dias atuais, um dos problemas mais sérios em nossa sociedade é a falta de um sistema eficiente de saneamento básico, principalmente em propriedades rurais. A falta de investimentos nessa área gera prejuízos à sociedade. De acordo com dados levantados e divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) concernentes ao ano de 2016, apenas 44,9% do esgoto produzido no Brasil era tratado, indicando dessa forma que os outros 55,1% remanescentes eram provavelmente descartados diretamente na natureza. O tratamento do esgoto sanitário é importante para a preservação do meio ambiente, principalmente quando se leva em consideração os recursos hídricos, pois os dejetos liberados contêm elevado teor de matéria orgânica podendo, portanto causar o esgotamento do oxigênio dissolvido nos mananciais, o escurecimento da água e a exalação de odores, além de ser um potencial meio de propagação de doenças. Soluções sustentáveis de saneamento básico podem contribuir para que as condições de saúde da população sejam melhoradas através do aumento da oferta de serviços públicos adequados. Diante do exposto, juntamente com a escassez de pesquisas científicas voltadas para a compreensão do funcionamento do Tanque de evapotranspiração (Tevap) e das interações que neste ocorre, este trabalho teve por finalidade atestar se as raízes e folhas do inhame, produzidas dentro do sistema, possuem um padrão microbiológico que permite o consumo destas por humanos, bem como analisar a influência do efluente final sobre a composição química e fertilidade do solo, quando este entra em contato com o solo do sistema, para ser utilizado como biofertilizante. Como complementação no tratamento de esgoto da propriedade, esse trabalho também teve por objetivo construir um sistema conhecido como círculo de bananeiras. Para análise das raízes e folhas do inhame prepararam-se três amostras de cada em triplicata. Tendo em vista analisar a influência do efluente final sobre a composição química e fertilidade do solo, quando este entra em contato com o mesmo, coletaram-se amostras dos solos do interior do Tevap e do seu local de origem (barranco). Comparando-se os resultados obtidos para análises das raízes e folhas do inhame com a Resolução-RDC N° 12, de 02 de Janeiro de 2001, observa-se que estes não estão em consonância, não sendo, portanto recomendadas para o consumo humano. Comparando-se a composição química do solo do barranco com a composição do solo do interior do Tevap, observa-se que o efluente final ao entrar em contato com este melhorou consideravelmente a sua fertilidade, podendo, portanto ser considerado um bom biofertilizante, porém a possibilidade deste ser um potencial propagador de patógenos torna-o inviável para esta finalidade, a não ser que através de novas pesquisas seja encontrada uma forma de esterilizá-lo sem alterar o seu potencial.

**Palavras – chave:** saneamento básico; sustentabilidade; biofertilizante.

## ABSTRACT

According to data collected and released by the National Sanitation Information System (SNIS) concerning 2016, only 44.9% of sewage produced in Brazil was treated, thus indicating that the remaining 55.1% were probably discarded directly in nature. The treatment of sanitary sewage is important for the preservation of the environment, especially when taking into account the water resources, since the released sludge contains a high content of organic matter and can therefore cause the dissolved oxygen depletion in the water sources, the darkening of the water and the exhalation of odors, besides being a potential means of propagation of diseases. Sustainable basic sanitation solutions () can contribute to improving the health of the population by increasing the supply of adequate public services. In view of the above, together with the scarcity of scientific research aimed at understanding the operation of the Evapotranspiration Tank (Tevap) and the interactions that occur in it, this work had the purpose of verifying if the roots and leaves of the yam, produced within the system, have a microbiological standard that allows their consumption by humans, as well as to analyze the influence of the final effluent on the chemical composition and fertility of the soil, when it comes into contact with the soil of the system, to be used as a biofertilizer. As a complement to the treatment of sewage of the property, this work also had as objective to construct a system known as circle of banana trees. For the analysis of the roots and leaves of the yam three samples of each in triplicate were prepared. In order to analyze the influence of the effluent final on the chemical composition and soil fertility, when it comes into contact with it, soil samples were collected from the interior of Tevap and its place of origin (ravine). Comparing the results obtained for analysis of the roots and leaves of the yam with Resolution-DRC No. 12, of January 2, 2001, it is observed that these are not in line and therefore are not recommended for human consumption comparing the chemical composition of the soil of the ravine with the composition of the soil inside the Tevap, it is observed that the final effluent on contact with this improved its fertility considerably, and can therefore be considered a good biofertilizer, but the possibility of this being a potential propagator of pathogens makes it unfeasible for this purpose, unless through further research is found a way to sterilize it without changing its potential.

**Key-words:** basic sanitation; sustainability; biofertilizer

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema referente ao Tanque de Evapotranspiração descrito pela FUNASA (2018). .....	15
Figura 2: Esquema referente à construção do círculo de bananeiras e a vala já aberta sem preenchimento. Procedimentos descritos pela cartilha da EMATER (2016). .....	17
Figura 3: Tubo de entrada do esgoto no círculo de bananeiras descrito pela cartilha da EMATER (2016). .....	18
Figura 4: Bananeiras plantadas ao redor do círculo, segundo recomendação da cartilha da EMATER (2016). .....	18
Figura 5: Preenchimento da vala com capim seco, conforme recomendação da cartilha da EMATER (2016). .....	19
Figura 6: A e B) Área escolhida para instalação do Círculo de Bananeiras antes da limpeza. C) Capina da área. D) Área limpa. ....	23
Figura 7: A) Início do processo de abertura da vala. B) Vala aberta. ....	23
Figura 9: Círculo de Bananeiras com seu preenchimento completo e com a superfície abaulada. ....	25
Figura 10: Tubulação responsável pela condução das águas cinzas até o interior do sistema previamente instalada. ....	25
Figura 11: Realização do plantio das mudas de bananeira. B) Círculo de Bananeiras finalizado. ....	31
Figura 12: Tanque de Evapotranspiração 1 ano e 5 meses após sua instalação na propriedade. ....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados das análises das soluções preparadas por diluição de raízes e folhas de inhame. ....	26
Tabela 2: Comparativo entre os resultados das análises do solo do interior do Tevap com os do solo do barranco utilizado para o seu preenchimento.....	27
Tabela 3: Interpretação dos resultados apresentados para os atributos dispostos nas análises de solo, tanto do barranco, quanto do interior do Tevap.....	30

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEP	Código de Endereçamento Postal
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
EMATER-MG	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais
EUA	Estados Unidos da América
FAMA	Fórum Alternativo Mundial da Água
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
ISO/IEC	International Organization of Standardization/International Electrotechnical Commission
MO	Matéria Orgânica
NBR	Norma Brasileira Aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas
NMP	Número Mais Provável
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
PVC	Policloreto de Vinila
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
SB	Soma de Bases
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
Tevap	Tanque de Evapotranspiração
UFC	Unidades Formadoras de Colônias

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1	LOCAL DE CONDUÇÃO DA PESQUISA .....	20
3.2	ANÁLISES DAS FOLHAS E RAÍZES DO INHAME .....	21
3.3	ANÁLISE DE SOLOS .....	21
3.4	CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRAS .....	22
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
4.1	ANÁLISES DAS FOLHAS E RAÍZES DO INHAME .....	26
4.2	ANÁLISE DE SOLOS .....	27
4.3	AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRAS E SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS. ....	31
4.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS ANALISADAS NO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO APÓS 1 ANO E 5 MESES DE SUA INSTALAÇÃO	32
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>34</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>35</b>
	<b>APÊNDICE A - Resultado das análises de solo de dentro do tevap e do barranco.</b> .....	<b>38</b>
	<b>ANEXO I - Cartilha elaborada por LEAL (2016) e distribuída pela EMATER-MG, referente ao círculo de bananeiras recomendado para a disposição final de águas cinzas e esgotos tratados. ....</b>	<b>39</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com dados levantados e divulgados pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) concernentes ao ano de 2016, apenas 44,9% do esgoto produzido no Brasil era tratado, indicando dessa forma que os outros 55,1% remanescentes eram provavelmente descartados diretamente na natureza. Conforme dados referentes ao ano de 2011, observa-se que naquele ano essa faixa equivalia a 37,5%. Diante destes dados, observa-se um aumento de 7,4 % no tratamento de esgoto no país durante esse período.

Embora esse serviço tenha tido um aumento é possível observar que este problema está longe de ser solucionado. De acordo com o Fórum Alternativo Mundial da Água (FAMA), o governo brasileiro admitiu que não irá conseguir cumprir a meta de saneamento básico estipulada para o país através do Plano Nacional de Saneamento Básico que visava atender 90% do território nacional até o ano de 2033. A justificativa para tal declaração é a dificuldade que as prefeituras dos pequenos municípios têm em administrar o problema devido ou à falta de pessoal especializado (como técnicos, engenheiros e empreiteiras), ou pelo próprio desinteresse por parte dos prefeitos.

Rodrigues (2012) relata a relevância que o tratamento do esgoto sanitário tem para a preservação do meio ambiente, principalmente quando se leva em consideração os recursos hídricos, pois os dejetos liberados contêm elevado teor de matéria orgânica podendo, portanto causar o esgotamento do oxigênio dissolvido nos mananciais, causando também o escurecimento da água e a exalação de odores, além do mais, a presença do excesso de nutrientes como o Nitrogênio (N) e o Fosforo (P) provoca uma forte eutrofização da água, acelerando o crescimento de algas prejudicando o equilíbrio ecológico.

Para Peres (2009) doenças como febre tifoide, disenteria, cólera, hepatite, leptospirose, giardíase e diarreia podem ser desencadeadas devido aos patógenos presentes na água decorrentes da eutrofização que ocorre em função das disposições de efluentes sanitários nas águas superficiais e subterrâneas provocando a estabilização da matéria orgânica, havendo um acúmulo de nutrientes dissolvidos na água.

Galbiati (2009) afirma que soluções sustentáveis de saneamento básico podem contribuir para que as condições de saúde da população sejam melhoradas através do aumento da oferta de serviços públicos adequados. Segundo ela as variações de Tanques de Evapotranspiração (Tevap), permitem que a água seja reutilizada dentro de uma sistemática de cultivo de espécies vegetais com elevada capacidade evapotranspirativa (como bananeiras,

taioabas e copo de leite) durante o processo de tratamento das águas negras domiciliares, de forma que a produção dessas plantas possa ser consumida pelos seres humanos.

Segundo Bodens e Oliveira (2009), frutos como a banana e o mamão produzidos no Tevap podem ser consumidos *in natura*. Por outro lado, raízes, bulbos, rizomas, tubérculos e folhas, não são recomendados de serem consumidos, pois ainda não estão totalmente compreendidas as interações destes com o sistema, necessitando-se, portanto de novos estudos.

Diante do exposto, juntamente com a escassez de pesquisas científicas voltadas para a compreensão do funcionamento do Tevap e das interações que neste ocorre, este trabalho teve por finalidade atestar se as raízes e folhas do inhame, produzidas dentro do sistema, possuem um padrão microbiológico que permite o consumo destas por humanos, bem como analisar a influência deste sobre a composição química e fertilidade do solo, quando o efluente final entra em contato com o mesmo, para ser utilizado como biofertilizante na adubação de culturas. Como complementação no tratamento de esgoto da propriedade, esse trabalho também teve por objetivo construir um sistema conhecido como círculo de bananeiras visando a recepção e a disposição final das chamadas águas cinzas (originadas de pias, chuveiros, tanques entre outros).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

De acordo com Bodens e Oliveira (2009) e Vieira (2010), o Tanque de Evapotranspiração (Tevap) é um sistema de tratamento e reaproveitamento dos nutrientes da água negra (proveniente do vaso sanitário).

Conforme Vieira (2010), este sistema foi criado pelo permacultor Tom Watson, nos EUA, com o nome de “Watson Wick” e adaptado por vários permacultores brasileiros. De acordo com o autor o sistema é considerado fechado, ou seja, estanque, e não há saída de água, seja para filtros ou sumidouros, sendo que dessa forma pode-se atribuir o termo segurança ao mesmo, pois não há deflúvio e sendo assim não há como poluir o solo ou o risco de algum microrganismo patogênico sair do sistema. Porém, alguns sistemas adaptados como, por exemplo, os Tanques de Evapotranspiração instalados para os estudos de Galbiati (2009) e Benjamin (2013) apresentam um tubo em PVC de 50 mm instalado em sua lateral como medida preventiva para o caso de ocorrer eventuais extravasamentos, não sendo, portanto considerados fechados como no caso do sistema descrito por Vieira (2010).

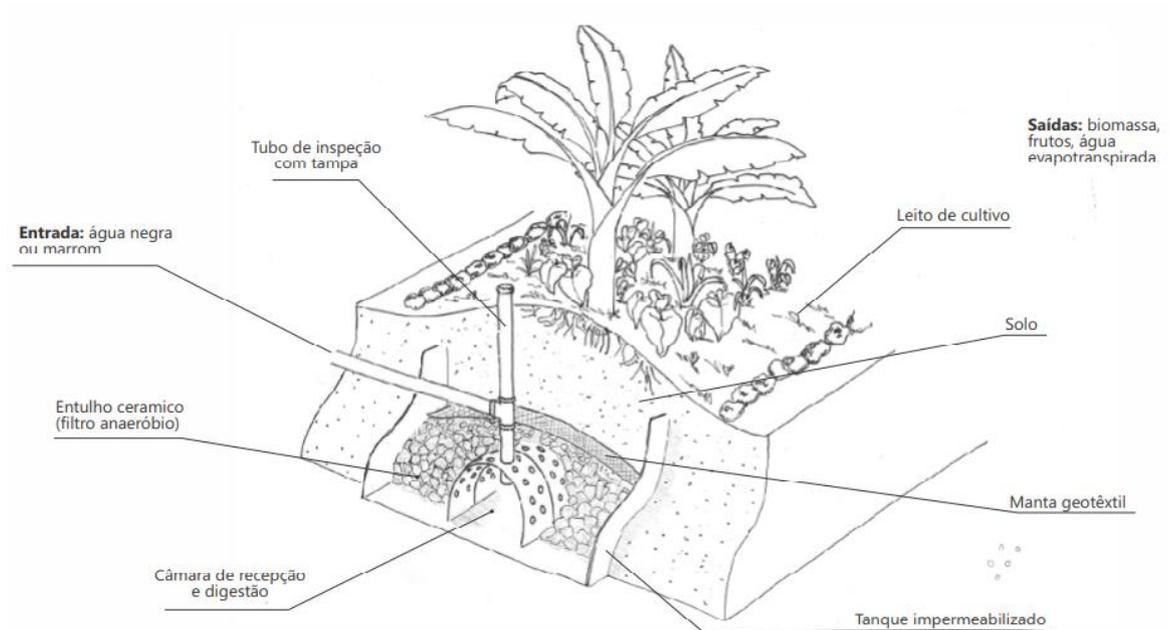
Durante o funcionamento do sistema, Galbiati (2009) observou frequentes extravasamentos de efluente (confirmando o fato de este ser aberto), que de acordo com a autora podem ser associados ao uso além de sua capacidade, pois este foi construído para atender a dois usuários, no entanto, na prática foi utilizado por um número variável de pessoas.

Não existe nenhuma norma sobre as dimensões do Tevap, pois ainda são poucos os estudos técnico-científicos sobre este tipo de tecnologia de saneamento ecológico, porém segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2018) o tanque deve conter uma profundidade entre 1,00 m e 1,20 m e uma área calculada de cerca de 2 m<sup>2</sup> por usuário, no caso de residências.

De acordo com a FUNASA (2018), para a construção/montagem do sistema, primeiramente deve-se realizar uma escavação nas dimensões do tanque. Para a impermeabilização da trincheira pode-se utilizar estruturas de alvenaria, ferrocimento ou lonas resistentes, como geomembranas de PVC ou PEAD com espessura mínima de 1,5 mm. A câmara de recepção pode ser construída através da instalação de meias calhas de cimento pré-moldado perfurado, com tijolos furados ou montada através da justaposição de pneus. O espaço ao redor da câmara deve ser preenchido com entulho cerâmico até a altura de cerca de 50 cm. Acima desta camada deve-se colocar uma manta geotêxtil de drenagem, sobre a qual se sobrepõe uma camada de 60 cm de solo, que deve extrapolar as margens do tanque,

unificando-se ao solo ao redor, compondo assim o leito de cultivo. O tubo de entrada deve ser ligado à câmara de recepção através de uma conexão em “T”, juntamente com o tubo de inspeção de 100 mm. Na extremidade oposta do tanque, pode ser colocado um tubo para drenagem do excesso de efluentes, em casos de subdimensionamento do tanque ou locais muito chuvosos, sendo encaminhados os excedentes para uma vala de infiltração ou círculo de bananeiras. Por fim, realiza-se o cultivo das plantas que serão responsáveis pela evapotranspiração da água presente no sistema quando em funcionamento, sendo as espécies ideais para cultivo no Tevap bananeiras e outras plantas com crescimento rápido e alta demanda por água (Figura 1).

**Figura 1:** Esquema referente ao Tanque de Evapotranspiração descrito pela FUNASA (2018).



**Fonte:** FUNASA, 2018.

Conforme Silva et al. (2016), quando em funcionamento o efluente do vaso sanitário chega até o Tevap entrando pela porção inferior do tanque, através de uma tubulação previamente instalada, direcionada para dentro da câmara de recepção, onde se inicia os processos de digestão anaeróbica e mineralização do efluente. Já dentro do tanque o efluente por estar preso em seu interior tende a passar pelas camadas de entulho, brita, areia até chegar a camada de solo aonde por capilaridade a água e os nutrientes chegam até as raízes das

plantas sendo absorvidos e adicionados à suas biomassas, enquanto que a água sai do sistema através da evapotranspiração das plantas e evaporação no solo.

De acordo com Vieira (2010), o funcionamento do Tevap é descrito pelas seguintes etapas:

- a) **Fermentação:** A água negra é decomposta pelo processo de fermentação (digestão anaeróbica) realizado pelas bactérias na câmara bio-séptica de pneus e nos espaços criados entre os componentes do entulho distribuído no entorno da câmara.
- b) **Percolação:** Como a água está aprisionada no interior do tanque ela percola de baixo para cima e com isso, depois de separada dos resíduos humanos, vai passando pelas camadas de brita, areia e solo, chegando até as raízes das plantas, 99% limpas.
- c) **Evapotranspiração:** Através da evapotranspiração realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas (bananeiras, mamoeiros, caetés, taioba, etc.), a água limpa é devolvida ao meio ambiente. Além disso, as plantas também consomem os nutrientes produzidos em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.
- d) **Manejo:** Primeiro (obrigatório) a cobertura vegetal morta deve ser sempre completada com as próprias folhas que caem das plantas e os caules das bananeiras depois da colheita dos frutos. E se necessário, deve ser complementada com as aparas de podas de gramas e outras plantas do jardim, para que a chuva não entre no tanque. Segundo (opcional), de tempos em tempos, devem-se observar os dutos de inspeção e coletar amostras de água para exames. Deve-se também observar a caixa de extravase, para ver se o dimensionamento foi correto. Essa caixa só deve existir se for exigido em áreas urbanas pela prefeitura para a ligação do sistema com o canal pluvial ou de esgoto.

Paulo e Bernardes (2009) citam como benefícios da utilização de plantas para o tratamento de esgoto: a qualidade do tratamento, o pouco investimento somado a pequena necessidade de manutenção, a ausência de degradação visual, o fato de não se utilizar produtos químicos e a não necessidade da aplicação para polimento de efluentes como em outros sistemas de tratamento.

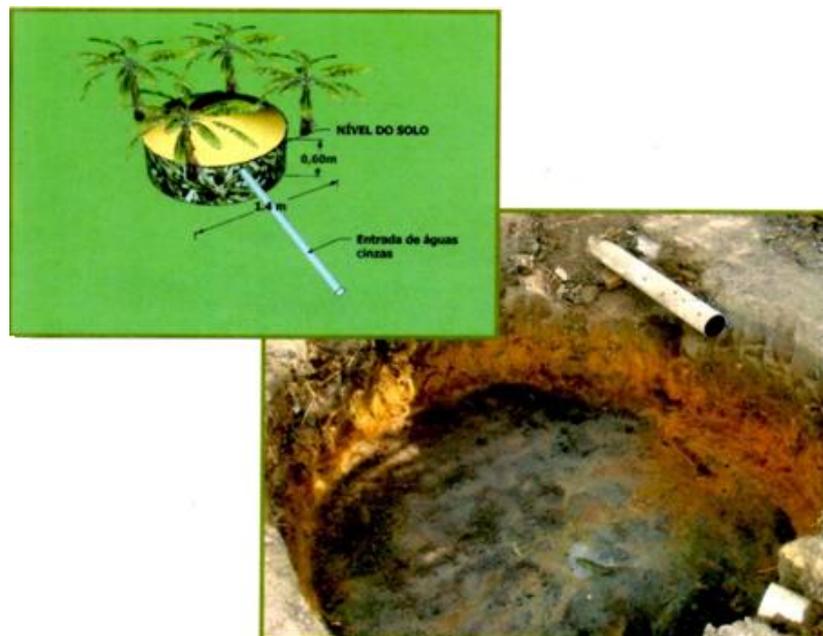
O círculo de bananeiras é um sistema apropriado para o desígnio das águas cinzas provenientes do banho, cozinha e lavagem de roupa. Consistindo-se de uma bacia escavada, nos arredores da qual se cultivam bananas e outras plantas com elevada capacidade evapotranspirativa. Este é um sistema ideal para o reaproveitamento das águas providas no local de geração desse esgoto.

Essa técnica originou-se da observação dos efeitos dos fortes ventos sobre a cultura dos cocos. Numa clareira os coqueiros caídos davam origem a círculos de coqueiros que nasciam, se desenvolviam e produziam melhor do que quando sós. O padrão natural observado foi que no centro do círculo se depositavam folhas, ramos, frutos, etc, que retinham a umidade e concentravam nutrientes, beneficiando a cultura dos coqueiros. Dessa observação, passou-se em seguida às experiências com outras culturas, como a da banana. No caso das bananeiras percebeu-se que elas, como outras plantas de folhas largas como o mamoeiro, transpiram grandes quantidades de água e estabeleceu-se assim uma relação com as águas cinza das residências (VIEIRA, 2014).

Não existe nenhuma norma sobre o dimensionamento do círculo de bananeiras pois ainda são poucos os estudos técnicos-científicos sobre esse tipo de tecnologia, porém de acordo com as instruções contidas na cartilha distribuída pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais (EMATER), o círculo deve conter um diâmetro de 1,4m e 0,6 m de profundidade.

De acordo com a cartilha distribuída pela EMATER (2016), para a construção/montagem do sistema, primeiramente deve-se abrir uma vala de 1,4m de diâmetro e 0,6m de profundidade. Que será preenchida com troncos de madeira pequenos, galhos médios e finos e palhas (capins, folhas, etc.), devendo formar um monte acima da borda da vala, de modo que a superfície fique abaulada.

**Figura 2:** Esquema referente à construção do círculo de bananeiras e a vala já aberta sem preenchimento. Procedimentos descritos pela cartilha da EMATER (2016).



**Fonte:** Cartilha (EMATER, 2016).

As águas cinzas serão direcionadas para dentro da vala por meio de um tubo de esgoto com diâmetro de 100 mm.

**Figura 3:** Tubo de entrada do esgoto no círculo de bananeiras descrito pela cartilha da EMATER (2016).



**Fonte:** Cartilha (EMATER, 2016).

Ao redor da vala, a uma distância de aproximadamente 60 cm plantam-se de 4 a 6 mudas de bananeiras. Assim como outras plantas de folhas largas, as bananeiras transpiram grandes quantidades de água e se adaptam bem em solos úmidos e ricos em matéria orgânica.

**Figura 4:** Bananeiras plantadas ao redor do círculo, segundo recomendação da cartilha da EMATER (2016).



**Fonte:** Cartilha (EMATER, 2016).

O preenchimento da vala deverá ser feito com troncos de madeira pequenos, galhos médios e finos, folhas e/ou capim seco.

Com o passar do tempo, o nível desses materiais dentro da vala diminuirá. Deve-se então adicionar mais material à vala, de modo que ela fique sempre cheia e sua superfície abaulada.

**Figura 5:** Preenchimento da vala com capim seco, conforme recomendação da cartilha da EMATER (2016).



**Fonte:** Cartilha (EMATER, 2016).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DA PESQUISA

A condução da pesquisa se deu em uma propriedade denominada Fazenda Água Viva situada no município de Santana do Paraíso - Minas Gerais, à latitude 19°18'37''S e longitude 42°35'6''O. No decorrer dos dias 16 a 22 de dezembro de 2018 foram realizadas as coletas das amostras dos solos que seriam analisados, a amostragem das raízes e folhas do inhame, assim como a construção do círculo de bananeiras. Como na propriedade em questão já havia sido construído um sistema de coleta e tratamento de esgoto, que neste caso é o tanque de evapotranspiração (Tevap), instalado e em funcionamento desde o dia 26 de junho de 2017, como resultado de um Trabalho de Conclusão de Curso realizado pelo neto do proprietário da propriedade, procedeu-se à realização de estudos científicos relacionados ao funcionamento do Tevap, e às interações que ocorrem entre seus componentes.

O tanque foi construído utilizando-se como orientação uma cartilha elaborada por Leal (2014) e distribuída pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais (EMATER-MG) com o objetivo de chamar a atenção da população rural para a importância de se ter um sistema de coleta e tratamento de esgoto em suas propriedades, alertando-os que para isso os mesmos não precisam desembolsar grandes quantias de dinheiro, oferecendo a eles uma opção ecológica, simples, de baixo custo e eficiente.

Como forma complementar ao saneamento básico na propriedade, foi instalado, nos dias 16 e 17 de dezembro de 2018 um círculo de bananeiras na mesma propriedade, que se trata de um sistema utilizado para receptionar as chamadas águas cinzas (originadas de pias, chuveiros, tanques entre outros).

O círculo de bananeiras foi construído utilizando-se como orientação uma cartilha elaborada por LEAL (2016) e distribuída pela Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do estado de Minas Gerais (EMATER-MG), sendo a cartilha, assim recomendada para a disposição final de águas cinzas e esgotos tratados.

A construção do Tevap objetivou atender os dois moradores fixos residentes na propriedade. O círculo de bananeiras tem como objetivo o mesmo propósito de contribuir para o saneamento básico da propriedade visando atender seus residentes. A escolha do local para a instalação do círculo preferencialmente deve ocorrer em áreas com boa incidência solar e seja um local aberto. No caso da propriedade em questão, como o tubo já estava instalado,

optamos por construir o círculo ao final do tubo, onde o local é aberto, o solo é profundo, o que permite uma boa infiltração de água no solo e possui uma excelente incidência solar.

### 3.2 ANÁLISES DAS FOLHAS E RAÍZES DO INHAME

Visando atestar se a raiz e as folhas do inhame produzidas dentro do sistema apresentam condições de serem consumidas por humanos, prepararam-se três amostras de cada em triplicata.

O preparo das amostras se deu pela metodologia de Silva et al., (1997) para diluição de sólidos, onde primeiramente realizou-se a limpeza de todos os materiais que iriam entrar em contato direto com as amostras utilizando-se uma solução de hipoclorito de sódio a 0,2% para remover dessa forma todos os contaminantes microbiológicos presentes. Em seguida, pesou-se 25g de material vegetal transferindo-o posteriormente para um liquidificador contendo inicialmente 225 mL de água destilada, triturando-se por 60 segundos até alcançar a completa homogeneização, obtendo-se assim a primeira diluição ( $10^{-1}$ ). A única exigência do laboratório para realização das análises era a de que as amostras se encontrassem inteiramente líquidas para permitir assim o processo. Dessa forma, realizou-se apenas mais uma diluição diluindo-se a primeira em 2.025 mL de água destilada obtendo-se assim a diluição ( $10^{-2}$ ). Esse procedimento foi realizado separadamente tanto para as raízes quanto para as folhas do inhame.

Após o preparo, as amostras foram identificadas com a denominação Raízes 1, 2 e 3 e Folhas 1, 2 e 3 encaminhando-as em seguida para análise no laboratório Certificar Ltda., localizado na Rua Berilo, CEP: 35162-031, número 345, bairro Iguazu, na cidade de Ipatinga-MG, para efetuar-se análises de coliformes totais e coliformes termotolerantes.

Os resultados das análises foram comparados à Resolução-RDC N° 12, de 02 de Janeiro de 2001 que regulamenta sobre os padrões microbiológicos para alimentos, a fim de atestar a possibilidade das raízes do inhame e suas folhas serem consumidos na alimentação de humanos.

### 3.3 ANÁLISE DE SOLOS

Na época da realização das pesquisas conduzidas na propriedade, esta se encontrava com um número superior de pessoas para o qual o tanque de evapotranspiração foi construído e dimensionado, o que configura o encharcamento do sistema e o encontro do efluente final

com o solo do interior do sistema. Com base nisso e tendo em vista analisar a influência do efluente final, ao entrar em contato com o solo do sistema, aferindo sobre a composição química e fertilidade do solo, coletaram-se amostras compostas tanto do barranco onde se obteve o solo que foi utilizado para o preenchimento das camadas do Tevap, quanto do solo do interior deste um ano e cinco meses após a sua instalação. Os pontos utilizados para a realização da coleta do solo do barranco foram escolhidos aleatoriamente sem observar a questão da profundidade, já para a coleta do solo do interior do Tevap os pontos escolhidos também foram aleatórios, porém atendendo uma profundidade igual a 10 cm, profundidade esta escolhida em função do ponto de instalação da tubulação responsável pela eliminação do efluente final do sistema, caso ocorresse situações específicas onde ocorresse extravasamentos garantindo-se assim que este tenha entrado em contato com a amostra obtida. Após a coleta das amostras compostas retiradas de três pontos diferentes e posteriormente misturadas entre si, retirou-se uma amostra simples de aproximadamente 500 g de cada ponto de referência (barranco e interior do Tevap) enviando-as em seguida para serem analisadas no laboratório de solos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista (Apêndice A).

#### 3.4 CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRAS

Em função do risco que se tem com a possibilidade do efluente final do Tevap ser um meio de propagação de patógenos, optou-se pela construção de um círculo de bananeiras para além de servir como um sistema de tratamento de águas cinzas, ser um local de descarte para o efluente final quando presente, reduzindo-se assim este risco.

Em meados do ano de 2016, a EMATER-MG começou a distribuir em meio à população local uma cartilha complementar concernente à construção do Círculo de Bananeiras (Leal, 2016), utilizando-se esta como referência para a instalação do mesmo (Anexo I).

A construção do Círculo de bananeiras foi realizada entre os dias 16 e 17 de dezembro de 2018, dispondo-se de trabalho braçal. A instalação do círculo é de preferência em locais com boa incidência solar e áreas abertas. No caso da propriedade em questão, como o tubo já estava instalado no local, optamos por construir o círculo ao final do tubo, onde o local é aberto, o solo é profundo, o que permite uma boa infiltração de água e possui uma excelente incidência solar. Após a escolha do local em questão, efetuou-se a limpeza desta (Figura 6 A, B, C e D).

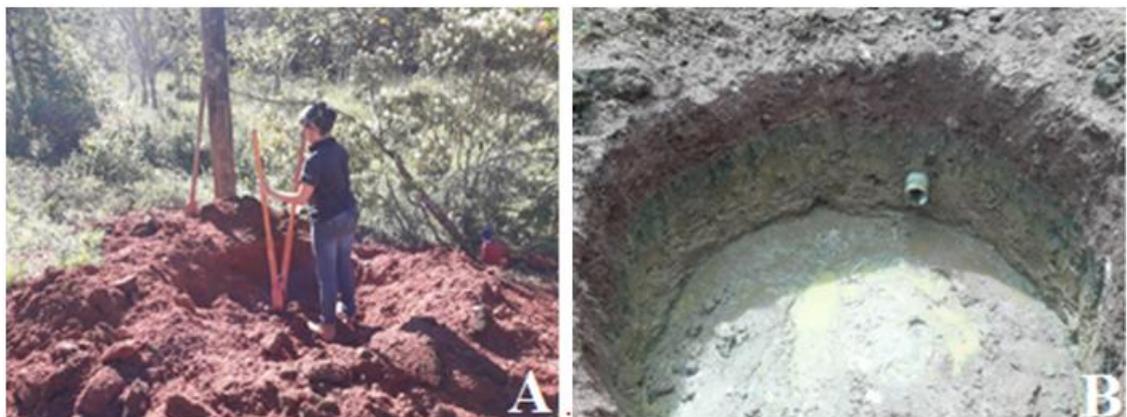
**Figura 6:** A e B) Área escolhida para instalação do Círculo de Bananeiras antes da limpeza. C) Capina da área. D) Área limpa.



**Fonte:** Própria da autora, 2018.

Posteriormente, seguindo-se a recomendação de Leal (2016), realizou-se a abertura de uma vala contendo 1,4 m de diâmetro e 0,6 m de profundidade (Figura 6 A e B).

**Figura 7:** A) Início do processo de abertura da vala. B) Vala aberta.



**Fonte:** Própria da autora, 2018.

Na sequência foram utilizados troncos de madeira, galhos médios e finos, além de palhas (como capins, folhas, entre outros) para executar o seu preenchimento (Figura 8 A, B e C).

**Figura 8:** A) Preenchimento do fundo da vala com troncos de madeira. B e C) Utilização de galhos médios e finos, assim como de folhas, para completar o preenchimento do círculo.



**Fonte:** Própria da autora, 2018.

Leal (2016) recomenda que os materiais utilizados para o preenchimento da vala sejam adicionados até que ultrapassem a borda desta de forma que a superfície possa ficar abaulada (mais alta no centro e mais baixa nas bordas) (Figura 9).

**Figura 8:** Círculo de Bananeiras com seu preenchimento completo e com a superfície abaulada.



**Fonte:** Própria da autora, 2018.

As águas cinzas devem ser conduzidas para dentro do sistema por meio de uma tubulação de 100 mm previamente instalada (Figura 10).

**Figura 9:** Tubulação responsável pela condução das águas cinzas até o interior do sistema previamente instalada.



**Fonte:** Própria da autora, 2018.

Seguidamente realizou-se o plantio de 4 mudas de bananeiras ao redor do círculo distanciando-se 60 cm deste.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 ANÁLISES DAS FOLHAS E RAÍZES DO INHAME

A tabela 1 apresenta os resultados referentes às análises das amostras obtidas pela metodologia de diluição para sólidos estabelecida por Silva et al., (1997) tanto para as raízes quanto para as folhas do inhame coletados dentro do Tevap.

**Tabela 1:** Resultados das análises das soluções preparadas por diluição de raízes e folhas de inhame.

<b>Coliformes Totais (UFC mL<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Referência</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Média</b>
Raiz	2,94 x 10 <sup>4</sup>	2,20 x 10 <sup>4</sup>	2,92 x 10 <sup>4</sup>	2,69 x 10 <sup>4</sup>
Folha	3,71 x 10 <sup>4</sup>	3,90 x 10 <sup>4</sup>	6,8 x 10 <sup>3</sup>	2,76 x 10 <sup>3</sup>
<b>Coliformes Termotolerantes/<i>Escherichia coli</i> (UFC mL<sup>-1</sup>)</b>				
<b>Referência</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Média</b>
Raiz	1,0 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<1,0 x 10 <sup>1</sup>	<4,0 x 10 <sup>1</sup>
Folha	<1,0 x 10 <sup>1</sup>			

**UFC:** Unidades Formadoras de Colônias

Para hortaliças e raízes frescas “*in natura*”, preparadas (descascadas, ou selecionadas ou fracionadas) sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, com exceção de cogumelos, o teor de coliformes a 45°C/g (denominação que é equivalente a “coliformes de origem fecal” e a “coliformes termotolerantes”) para amostras colhidas aleatoriamente de um mesmo lote a Resolução-RDC N° 12, de 02 de Janeiro de 2001 (que regulamenta sobre os padrões microbiológicos para alimentos) estabelece que para estarem em consonância com o padrão microbiológico aceitável não ultrapassem 5 Unidades Formadoras de Colônia por mililitro (UFC mL<sup>-1</sup>) ou 5 Número Mais Provável por grama (NPM g<sup>-1</sup>).

Comparando-se os resultados obtidos com a resolução em questão, observa-se que estes não estão em consonância, não sendo, portanto recomendadas para o consumo humano as raízes e folhas de inhame.

Folhas de inhame normalmente não são utilizadas na culinária devido à presença do popular “leite”, que nada mais é do que nódoa (que é composta por alguns compostos tóxicos

como o oxalato de cálcio), porém por ser pertencente à mesma família da taioba (família das Araceas) apresentando-se também morfologia similar a esta que é bastante consumida, supõe-se que a interação do sistema com a planta seja também semelhante. Dessa forma, ao realizarem-se análises para as folhas do inhame, atribuíram-se também os resultados obtidos à cultura da taioba.

Galbiati (2009) em estudos similares identificou a presença de coliformes totais em  $\text{NMP g}^{-1} = 1,1 \times 10^4$  nas amostras de partes aéreas de taiobas plantadas no interior do tanque e  $\text{NMP g}^{-1} = 1,2 \times 10^2$ , em amostras da parte aérea de plantas externas ao tanque, não encontrando, porém a presença de coliformes termotolerantes nas amostras de dentro do sistema, identificando-a em  $\text{NMP g}^{-1} = 3,9 \times 10^1$  apenas em amostras de plantas coletadas fora deste.

Comparando-se os resultados obtidos neste estudo com os dispostos por Galbiati (2009) em sua dissertação pode-se concluir que possivelmente a diferença que se tem entre eles deve-se à influência da localização a qual estão sendo produzidos, pois a autora não encontrou em suas pesquisas coliformes termotolerantes em amostras coletadas dentro do Tevap, não ocorrendo o mesmo para amostras de plantas coletadas externamente ao tanque evidenciando mais ainda essa hipótese.

#### 4.2 ANÁLISE DE SOLOS

A tabela 2 apresenta um comparativo entre as análises do solo obtido no interior do Tevap quanto e o solo coletado no barranco para utilização no processo de instalação do sistema.

**Tabela 2:** Comparativo entre os resultados das análises do solo do interior do Tevap com os do solo do barranco utilizado para o seu preenchimento.

Referência	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-rem
	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>						%		dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
Solo do Barranco	5,07	3,21	18,7	0,1	0,05	0,05	1,78	0,2	0,25	1,97	10,02	20,2	0,39	5,82
Solo do Tevap	5,89	28,55	122,6	4,7	1	0	2,03	6,01	6,01	8,04	74,76	0	2,87	21,22

Ao observar-se os valores de pH, é possível notar que esse foi levemente alterado, passando-se de 5,07 para 5,89, estando dessa forma na faixa ideal de pH recomendada agronomicamente. Essa alteração, mesmo que pequena, provavelmente é o motivo pelo qual o teor de alumínio trocável ( $\text{Al}^{3+}$ ) se igualou a zero, indicando-se assim que no solo do interior do Tevap se encontra insolúvel não causando danos às raízes das plantas pertencentes ao sistema.

De acordo com Sobral et al., (2015), a presença de alumínio no solo pode além de inibir o crescimento radicular, influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e em processos como a mineralização da matéria orgânica. A correção do solo com calcário eleva o pH e insolubiliza o  $\text{Al}^{3+}$  tornando-o inofensivo para as raízes e processos no solo (Sobral et al., 2015). Galbiati (2009) através da média de dez amostras do efluente final do Tevap, chegou a um valor de pH equivalente a 7,81, sendo este portanto considerado levemente alcalino.

Levando-se em consideração os teores de Fósforo (P) e Potássio (K), observa-se que estes tiveram um aumento. Autores como Galbiati (2009) e Benjamin (2013) comprovaram a presença de fósforo tanto no afluente quanto no efluente de saída, que é o efluente resultante de um possível extravasamento do sistema do Tevap, por outro lado, considerando-se o aumento substancial no teor de potássio pode-se concluir que este provavelmente esteja presente em quantidade significativa pelo menos no efluente final do sistema, necessitando-se, portanto de novas pesquisas apenas para confirmar.

Existem várias pesquisas a respeito da relação Ca:Mg (Cálcio:Magnésio) ideal para as plantas, sendo que a maioria dos autores como Medeiros et al., (2008) entram em consenso de que ela se encontra entre 4:1 e 8:1. Dessa forma, observa-se que o solo do barranco encontra-se bastante deficiente quando se leva em consideração a relação entre esses nutrientes, sendo essa equivalente a 2:1, enquanto que ao relacionar os teores de cálcio e magnésio presentes no solo do interior do Tevap, atestados pela análise, observa-se que estes formam uma relação quase que de 5:1, estando, portanto disponíveis em uma proporção satisfatória.

Comparando-se a Soma de Bases (SB) obtida para cada uma das análises, observa-se um grande aumento, sendo esse provavelmente relacionado diretamente com o aumento nos teores de potássio, cálcio e magnésio que somados constituem tal atributo. Considerando-se a CTC efetiva (t), é possível observar que esta também aumentou significativamente se igualando ao valor obtido para a Soma de Bases (SB) na análise do solo do interior do Tevap (ambos iguais a  $6,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ). De acordo com Braga (2013) tal acontecimento se deve ao

fato de não existir  $\text{Al}^{3+}$  trocável no solo, o que pode ser comprovado ao se observar os valores dispostos na tabela 2.

Segundo LABORSOLO (2017), a Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 (CTC a pH 7,0) representa a quantidade máxima de cargas negativas que o solo possui e que poderiam permitir a troca de cátions sendo portanto um valor calculado a partir de valores individuais dos cátions ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^+$ ) que são determinados individualmente pelo laboratório em  $\text{Cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e somados para expressar a CTC total.

Conforme Sobral et al., (2015), o conceito de saturação por bases (V), trata-se da proporção da capacidade de troca catiônica (CTC) que é ocupada por bases como cálcio, magnésio, potássio e sódio. De acordo com o autor, solos que apresentam saturação por bases maiores que 70%, como é o caso do solo coletado no interior do Tevap, indicam que não há a necessidade de calagem, o que pode ser comprovado pela ausência de alumínio e por teores satisfatórios de Cálcio e Magnésio, já que os principais objetivos da calagem constituem na neutralização do alumínio através da elevação do pH e fornecimento de Cálcio e Magnésio para as plantas como afirma Ronquim (2010). Ainda segundo Sobral et al., (2015), solos com saturação por bases menores que 50%, possuem suas cargas ocupadas por componentes da acidez, como hidrogênio ( $\text{H}^+$ ) ou alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ), e portanto necessitam de correção.

Braga (2013) define a percentagem de saturação por alumínio (m) como um atributo que nos dá uma referência da probabilidade de ocorrer toxidez por alumínio para as plantas, sendo que no que diz respeito à fertilidade do solo o seu valor não deve exceder a margem de 10-20% dependendo da cultura a ser utilizada. Dessa forma, ao observar os resultados expressos na análise para tal atributo, pode-se concluir que este se encontra em níveis toleráveis para ambos os solos analisados, tendo um destaque maior para o solo do interior do Tevap em que este se iguala a zero.

De acordo com LABORSOLO (2017), a matéria orgânica do solo é constituída por compostos de origem vegetal, animal e microbiana, sendo que esta tem grande influência sobre as propriedades químicas e principalmente sobre as propriedades físicas dos solos, sendo grande responsável pela estabilidade de agregados, além de ser a maior parcela da CTC, devido aos grupos carboxílicos dos ácidos fúlvicos e húmicos, atuando ainda na manutenção da biota no solo. Ao se observar a análise dos solos em questão, pode-se concluir que a matéria orgânica, assim como a maioria dos parâmetros avaliados, teve um aumento, podendo-se, portanto considerar que houve provavelmente grande melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo.

LABORSOLO (2013) afirma que o fósforo remanescente (P-rem) nada mais é do que a quantidade do fósforo (P) adicionado que fica na solução de equilíbrio após definido tempo de contato com o solo, sendo a análise deste atributo de grande importância para se verificar a necessidade da aplicação desse elemento, sendo, portanto este um dos parâmetros utilizados para realizarem-se cálculos para recomendação de fertilizantes.

A tabela 3 traz a interpretação dos resultados apresentados para os atributos dispostos nas análises de solo, tanto do barranco, quanto do interior do Tevap. Para tal, consideraram-se os padrões de classificação utilizados pelos laboratórios do estado de Minas Gerais.

**Tabela 3:** Interpretação dos resultados apresentados para os atributos dispostos nas análises de solo, tanto do barranco, quanto do interior do Tevap.

Atributos	Teor no solo					Resultado da Análise Solo do Barranco	Interpretação	Resultado da Análise Solo do Tevap	Interpretação
	Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto				
	Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							Cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	
Ca <sup>2+</sup> trocável	-	0-1,5	1,6-4,0	>4,0	-	0,1	Baixo	4,7	Alto
Mg <sup>2+</sup> trocável	-	0-0,5	0,6-1,0	>1,0	-	0,05	Baixo	1,0	Médio
Al <sup>3+</sup>	-	0-0,3	0,4-1,0	>1,0	-	0,05	Baixo	0	Baixo
(H+Al)	-	0-2,5	2,6-5,0	>5,0	-	1,78	Baixo	2,03	Baixo
SB	-	0-2,0	2,1-5,0	>5,0	-	0,2	Baixo	6,01	Alto
(t)	-	0-2,5	2,6-6,0	>6,0	-	0,25	Baixo	6,01	Alto
(T)	-	0-4,5	4,6-10	>10	-	1,97	Baixo	8,04	Médio
	mg dm <sup>-3</sup>							mg dm <sup>-3</sup>	
K disponível	-	0-45	46-80	>80	-	18,7	Baixo	122,6	Alto
	%							%	
M	-	0-20	21-40	41-60	>60	20,2	Baixo	0	Baixo
V	0-25	26-50	51-70	71-90	>90	10,02	Muito Baixo	74,76	Alto
	dag kg <sup>-1</sup>							dag kg <sup>-1</sup>	
MO	-	0-1,5	1,6-3,0	>3,0	-	0,39	Baixo	2,87	Médio
<b>Observações:</b> Ca <sup>2+</sup> = Íons de Cálcio; Mg <sup>2+</sup> = Íons de Magnésio; (H+Al) = Acidez Potencial; SB = Soma de Bases; (t) = CTC efetiva; (T) = CTC a pH 7; K = Potássio; m = Saturação por Al <sup>3+</sup> ; V = Saturação por Bases; MO = Matéria Orgânica.									

**Fonte:** Modificado de Luz et al., 2002.

Através da Tabela 3 pode-se observar que o solo do barranco utilizado para o preenchimento de uma das camadas do Tevap, possui uma composição química

extremamente pobre, apresentando praticamente todos os seus atributos considerados baixos, quando enquadrados nos padrões de classificação. As únicas características químicas que este solo apresenta que podem ser consideradas positivas tratam-se da baixa concentração de íons de  $Al^{3+}$ , assim como da Acidez Potencial (H+Al) e da saturação por  $Al^{3+}$ (m).

Por outro lado, considerando-se a composição do solo do interior do Tevap um ano e cinco meses após a sua instalação observa-se que o efluente final, em situações de extravazamentos, ao entrar em contato com o solo melhorou consideravelmente a sua fertilidade. Parâmetros anteriormente considerados baixos passaram a ser de médios a altos, mantendo-se ainda as concentrações de atributos com íons de  $Al^{3+}$ , Acidez Potencial (H+Al) e saturação por  $Al^{3+}$ (m) baixos.

Diante do exposto, observa-se o grande potencial que o efluente final do Tevap apresenta em ser utilizado como biofertilizante na irrigação de culturas (quando considerado a influência extremamente positiva que este exerce na melhora da fertilidade dos solos), porém a possibilidade deste ser um potencial propagador de patógenos torna-o inviável para esta finalidade, a não ser que através de novas pesquisas seja encontrada uma forma de esterilizá-lo sem alterar o seu potencial. Quando presente, o efluente final do Tevap tende a ser liberado em pequenas quantidades, além do mais, sabe-se que em condições normais de funcionamento não há extravasamentos deste, (ocorrendo apenas em situações em que o sistema é utilizado além de sua capacidade ou em eventos de precipitações) sendo estes outros fatores que inviabilizam a sua utilização para tal fim.

#### 4.3 AVALIAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DO CÍRCULO DE BANANEIRAS E SUAS VANTAGENS E DESVANTAGENS.

**Figura 10:** A) Realização do plantio das mudas de bananeira. B) Círculo de Bananeiras finalizado.



**Fonte:** Própria da autora, 2018.

Os investimentos para a construção do círculo são de baixo custo, visto que, a abertura da vala pode ser realizada de forma manual.

As mudas de banana foram retiradas da propriedade e plantadas manualmente (Figura 11 A).

Os materiais utilizados para o preenchimento do mesmo podem ser encontrados dentro da propriedade e o cercamento do círculo para evitar que os animais existentes na propriedade se alimentem das folhas das mudas de bananeiras é opcional. (Figura 11 B).

Com o passar dos dias da construção e instalação do círculo, já foi possível perceber seus benefícios ao tratar com eficiência as águas cinzas, permitindo que essas sejam despejadas nos cursos de água, sem trazer a deterioração dos mesmos.

O círculo permite a infiltração de água no solo, o que torna propício o desenvolvimento das plantas ali cultivadas.

Como desvantagem pode-se listar a falta de estudos técnicos-científicos à respeito do círculo.

#### 4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS ANALISADAS NO TANQUE DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO APÓS 1 ANO E 5 MESES DE SUA INSTALAÇÃO

Após um ano e cinco meses da instalação e funcionamento do tanque de evapotranspiração, já foi possível observarmos suas vantagens e desvantagens.

Como vantagens, o tanque conta com um baixo custo de implantação e manutenção (capinas, podas, colheita da produção, esvaziamento quando estiver saturado e novo preenchimento das camadas filtrantes) quando comparado com os demais sistemas existentes no mercado e que são indicados para o tratamento do esgoto doméstico em zonas rurais. Além de um baixo custo de implantação e manutenção, os frutos produzidos no interior do sistema como a banana e o mamão podem ser consumidos.

Quando utilizado apenas pelo número de pessoas a qual foi dimensionado, o sistema tem seu funcionamento dentro da normalidade sem extravasamento de efluente.

Além de todas as vantagens de utilização e manutenção, o Tanque de Evapotranspiração apresenta um valor paisagístico interessante, melhorando o aspecto visual do ambiente, principalmente quando se utilizam plantas ornamentais como o copo de leite (Figura 12).

Contudo, a principal desvantagem do sistema ainda é a baixa existência de estudos relacionados a seu funcionamento e interações que ocorrem no sistema, não podendo se

recomendar por enquanto o consumo de raízes, tubérculos, rizomas e folhas de hortaliças que podem ser introduzidas no sistema. Da mesma forma, ainda não há um consenso estabelecido sobre a durabilidade do tanque.

**Figura 11:** Tanque de Evapotranspiração 1 ano e 5 meses após sua instalação na propriedade.



**Fonte:** Própria da autora, 2019.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Comparando-se os resultados obtidos para análises das raízes e folhas do inhame com a Resolução-RDC N° 12, de 02 de Janeiro de 2001, observa-se que estes não estão em consonância, não sendo, portanto recomendadas para o consumo humano.

Comparando-se os resultados obtidos neste estudo com os dispostos por Galbiati (2009) em sua dissertação pode-se concluir que possivelmente a diferença que se tem entre eles deve-se à influência da localização a qual estão sendo produzidos.

Para utilizar as folhas de taioba para fins alimentícios, Galbiati (2009) levanta a hipótese de que ao higienizá-las com hipoclorito de sódio ou ácido peracético (como se procede com outras hortaliças) não haveria problema algum. Porém diante da escassez de estudos relacionados a essa possibilidade não se recomenda o consumo.

Um fator importante que deve ser levado em consideração, é que o sistema tenha sido construído para ser utilizado por dois usuários fixos, porém, na prática este é utilizado por um número variável de pessoas, não sendo possível assim ter-se um controle da quantidade e nem do estado de saúde desses usuários.

O risco que o efluente final do Tevap apresenta em ser um potencial propagador de patógenos em meio à população local, de onde está instalado, faz com que seja necessária a instalação de um sistema de tratamento complementar que possa recebê-lo dando a ele uma disposição final que elimina tal possibilidade. Para a propriedade em questão optou-se pela construção de um sistema conhecido como círculo de bananeiras que além de receber o efluente final do Tevap (quando presente) será responsável pelo tratamento das águas cinzas.

Comparando-se a composição química do solo do barranco com a composição do solo do interior do Tevap, observa-se que o efluente final ao entrar em contato com este melhorou consideravelmente a sua fertilidade, podendo, portanto ser considerado um bom biofertilizante, porém a possibilidade deste ser um potencial propagador de patógenos torna-o inviável para esta finalidade, a não ser que através de novas pesquisas seja encontrada uma forma de esteriliza-lo sem alterar o seu potencial.

O círculo de bananeiras se mostrou uma opção viável, tanto pelo seu baixo custo de implementação e instalação, quanto pela facilidade de manutenção do sistema. Outra vantagem é o correto desempenho para o tratamento de águas cinzas na propriedade, permitindo assim o reaproveitamento destas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENJAMIN, A. M. **Bacia de Evapotranspiração: tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2013.

BODENS, F.; OLIVEIRA, B. **Fossa Ecológica - Tanque de Evapotranspiração (TEVAP)**. 2009. Disponível em: < [http://mundogepec.blogspot.com/2009/07/fossa-ecologica-tanque-de\\_13.html](http://mundogepec.blogspot.com/2009/07/fossa-ecologica-tanque-de_13.html)>. Acesso em: 24/01/2019.

BRAGA, G. N. M. **Cálculo e Interpretação das Saturações por Bases e Alumínio na Fertilidade do Solo**. 2013. Disponível em:< <https://agronomiacomgismonti.blogspot.com/2013/06/calculo-e-interpretacao-das-saturacoes.html?m=1>>. Acesso em: 02/02/2019.

FÓRUM ALTERNATIVO MUNDIAL DA ÁGUA (FAMA). **A falta de saneamento básico é uma grande ameaça à saúde pública no Brasil**. 2018. Disponível em:< <http://www.fenae.org.br/portal/fama-2018/noticias/a-falta-de-saneamento-basico-e-grande-ameaca-a-saude-publica-no-brasil.htm>>. Acesso em: 24/01/2019.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **CataloSan - Catálogo de Soluções Sustentáveis de Saneamento - Gestão de Efluentes Domésticos**. Ministério da Saúde; Paula Loureiro Paulo, Adriana Farina Galbiati, Fernando Jorge Corrêa Magalhães Filho - Campo Grande: UFMS, 2018. 50p.

GALBIATI, A. F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Dissertação de mestrado. Campo Grande, MS, 2009.

LABORSOLO LABORATÓRIOS. **Determinação e uso do fósforo remanescente (P-rem)**. 2013. Disponível em:< <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/determinacao-e-uso-do-fosforo-remanescente-p-rem/>>. Acesso em: 05/02/2019.

LABORSOLO LABORATÓRIOS. **Você sabe como é realizada e qual a importância da análise de fósforo remanescente (P-rem)**. 2013. Disponível em:< <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/voce-sabe-como-e-realizada-e-qual-a-importancia-da-analise-de-fosforo-remanescente-p-rem/>>. Acesso em: 05/02/2019.

LABORSOLO LABORATÓRIOS. **CTC a pH 7,0 calculada, efetiva e determinada: entenda as diferenças**. 2017. Disponível em:< <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/materia-organica-na-analise-de-solo/>>. Acesso em: 05/02/2019.

LABORSOLO LABORATÓRIOS. **Matéria orgânica na análise de solos**. 2017. Disponível em:< <https://www.laborsolo.com.br/analise-quimica-de-solo/determinacao-e-uso-do-fosforo-remanescente-p-rem/>>. Acesso em: 05/02/2019.

LEAL, J. T. C. P. **Círculo de bananeiras para tratamento de efluentes rurais**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 5p.

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

LUZ, M. J. S.; FERREIRA, G. B.; BEZERRA, J. R. C. **Adubação e Correção do Solo: Procedimentos a Serem Adotados em Função dos Resultados da Análise do Solo.** Embrapa - Circular Técnica 63. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Campina Grande, PB, Outubro, 2002. 32p.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. **Relação cálcio:magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Álico.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 29, n. 4, p. 799-806, out./dez. 2008.

PAULO, P. L.; BERNARDES, F. S. **Estudo de Tanque de Evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras.** Serviço Público Federal, Ministério da Educação - Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 2009.

PERES, L.J.S. **Eficiência do tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestor.** Espírito Santo do Pinhal – SP, 2009.

RODRIGUES, E. B. **Tratamento de esgoto por zona de raízes: Experiências vivenciadas numa escola rural no município de Campos Novos – SC.** Florianópolis – SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais.** Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010. 26 p.

SILVA, D. D. S.; SALES, L. L. N.; COSTA, J. M. B.; ROCHA, D. P. **Tanque de evapotranspiração para o tratamento do esgoto domiciliar.** Estudo de caso em São Luís, MA. Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB, Número 4 – Volume 1. 2016.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N.F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos.** São Paulo, Varela, 1997.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2011.** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, junho de 2013.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2016.** Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, fevereiro de 2018.

SOBRAL, L. F.; VASCONCELLOS, M. C. B.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. **Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.

VIEIRA, ITAMAR. SETELOMBAS - Estação de Permacultura. **BET – Bacia de Evapotranspiração.** 2010. Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br/2010/10/bacia-deevapotranspiracao-bet/>>. Acesso em: 28/01/2019.

VIEIRA, ITAMAR. SETELOMBAS - Estação de Permacultura. **Círculo de bananeiras**. 2006. Disponível em: < <http://www.setelombas.com.br/2006/10/circulo-de-bananeiras/>>. Acesso em: 04/05/2019.

APÊNDICE A - RESULTADO DAS ANÁLISES DE SOLO DE DENTRO DO TEVAP  
E DO BARRANCO.



## LABORATÓRIO DE ANÁLISE DE SOLOS

Campus São João Evangelista

Registro: 630  
 Cliente: Luanna Carmem Barros Souza  
 Endereço: Rua Durval Pimenta

Cidade: SÃO JOÃO EVANGELISTA  
 CEP: 39705-000  
 Bairro:

Data: 25/01/19  
 Telefone: (33) 8713-8411  
 Email: luanna.carmem@outlook.com

Nº	Ref.	pH	P	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	MO	P-Rem
		H <sub>2</sub> O	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>							%	dag/kg	mg/L		
4096	Terra da fossa	5.89	28.55	122.6	4.7	1	0	2.03	6.01	6.01	8.04	74.76	0	2.87	21.22
4097	Terra do Barranco	5.07	3.21	18.7	0.1	0.05	0.05	1.78	0.2	0.25	1.97	10.02	20.18	0.39	5.82

pH em água - Relação 1:2,5

P - K - Extrator Mehlich 1

Ca - Mg - Al - Extrator: KCl 1N

H + Al - Extrator: SMP

SB = Soma de bases trocáveis

CTC (t) - Capacidade de troca catiônica efetiva

CTC (T) - Capacidade de troca catiônica a pH 7,0

V = Índice de saturação de bases

m = Índice de saturação de Alumínio

P-rem = Fósforo remanescente

Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 4N + H<sub>2</sub>SO 10N

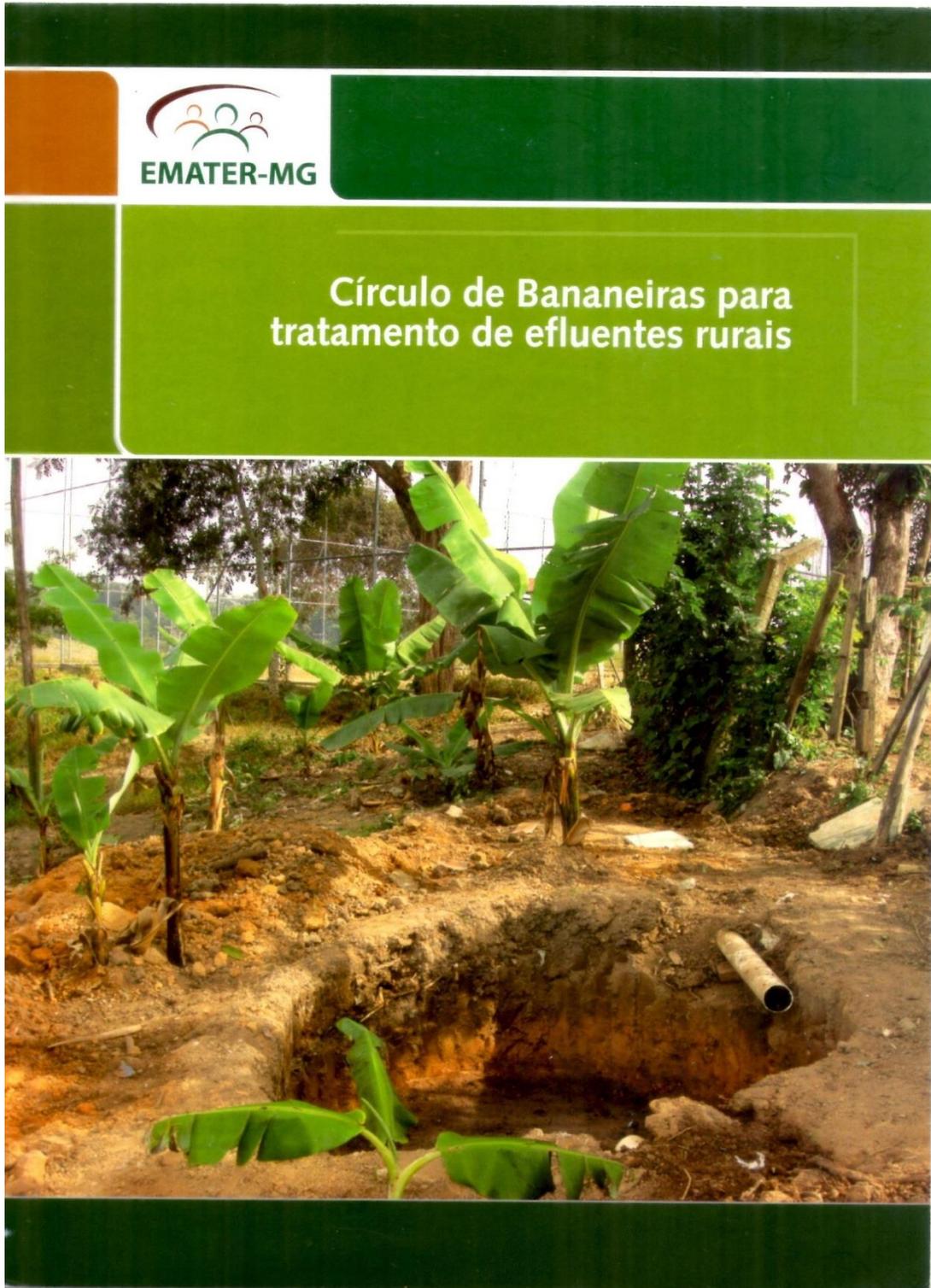
Página 1 de 1

Técnico responsável

Valdevino Pereira Silva  
 Coord. Laboratório de Solos  
 Portaria PMS-3/JE nº 100/2018



**ANEXO I - CARTILHA ELABORADA POR LEAL (2016) E DISTRIBUÍDA PELA EMATER-MG, REFERENTE AO CÍRCULO DE BANANEIRAS RECOMENDADO PARA A DISPOSIÇÃO FINAL DE ÁGUAS CINZAS E ESGOTOS TRATADOS.**



## CÍRCULO DE BANANEIRAS PARA TRATAMENTO DE EFLUENTES RURAIS

Um dos grandes problemas das propriedades rurais é a ausência de uma disposição final adequada para seus efluentes. Sabe-se que as águas provenientes de pias, tanques e chuveiros, quando lançadas diretamente no solo, são prejudiciais ao meio ambiente. Tal fato motiva a necessidade de seu tratamento. Apresenta-se uma alternativa para o tratamento desses efluentes, o Círculo de Bananeiras.

O Círculo de Bananeiras é um sistema utilizado no tratamento de águas cinzas (provenientes de pias, tanques e chuveiros). Para sua construção, deve-se abrir uma vala de 1,4 m de diâmetro e 0,6 m de profundidade (Imagem 1 e 2), que será preenchida com troncos de madeira pequenos, galhos médios e finos e palhas (capins, folhas, etc.), devendo formar um monte acima da borda da vala, de modo que a superfície fique abaulada.

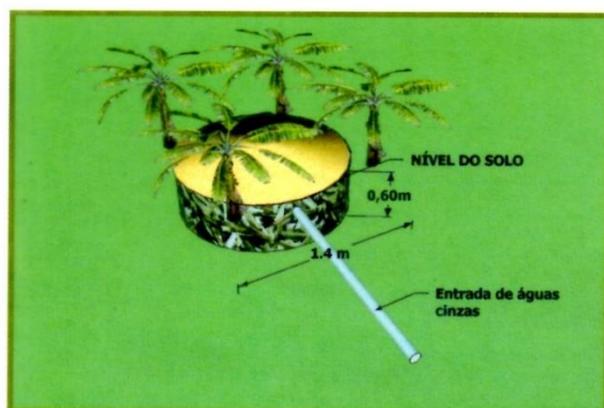


Imagem 1: Esquema de um círculo de bananeiras

Imagem 2: Vala aberta sem preenchimento



As águas cinzas serão direcionadas para dentro da vala, por meio de um tubo de esgoto, com diâmetro de 100 mm.



Imagem 3: Tubo de entrada de esgoto

Ao redor da vala, a uma distância de aproximadamente 60 cm, plantam-se de 4 a 6 mudas de bananeiras (Imagem 4). Assim, como outras plantas de folhas largas, as bananeiras evaporam grandes quantidades de água e se adaptam bem a solos úmidos e ricos em matéria orgânica.



Imagem 4: Bananeiras plantadas ao redor do círculo

As águas cinzas, antes de serem lançadas na vala, devem passar por uma caixa de gordura (Imagem 5). O objetivo da instalação da caixa de gordura é reter, na sua parte superior, gorduras, graxas e óleos contidos nas águas cinzas, formando camadas que

devem ser removidas periodicamente (Imagem 6), evitando que estes componentes escoem livremente pela rede e a obstruam. Além disso, a retenção desse material impedirá que o fundo da vala seja impermeabilizado.

Imagem 5: Caixa de gordura



Imagem 6: Caixa de gordura na parte superior da caixa

Podem-se utilizar caixas de gordura pré-fabricadas ou de PVC, que são facilmente encontradas no mercado. Quando for de interesse do proprietário construir a caixa de gordura, suas dimensões devem seguir a NBR 8160 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

O preenchimento da vala deverá ser feito com troncos de madeira pequenos, galhos médios e finos, folhas e ou capim seco (Imagens 7, 8 e 9). Com o passar do tempo, o nível desses materiais dentro da vala diminuirá. Deve-se então adicionar mais material à vala, de modo que ela fique sempre cheia e sua superfície abaulada.



Imagem 7: Preenchimento da vala com capim seco



Imagem 8: Preenchimento da vala com capim seco



Imagem 9: Vala totalmente preenchida com capim seco

### Quais são as vantagens de se utilizar do Círculo de Bananeiras?

- Promove a recarga do lençol freático.
- Diminui o consumo de água tratada para a irrigação.
- Mantém os nutrientes no local.
- Promove o crescimento da vegetação local.
- Diminui o volume de esgoto e conseqüentemente o impacto em fossas.



EMATER-MG/MCTI/CONV.  
01.0191.00/2008

### Fique atento!

- O sistema trata somente águas cinzas.
- Evite o uso excessivo de detergentes químicos ou qualquer produto tóxico, pois esse tipo de substância mata microrganismos e, assim, impede a compostagem dos nutrientes.
- Se o volume de água lançada for maior que a capacidade de recebimento, construir outro sistema interligado ao primeiro.

Engenheira Ambiental

**Jane Terezinha da Costa Pereira Leal**

Departamento Técnico da EMATER-MG

Fotos: Diogo Araújo Teixeira

Janeiro de 2016

Série Ciências Agrárias

Tema Meio Ambiente

Área Saneamento

**Para esclarecer dúvidas, fale com extensionista da Emater-MG**



Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

