



AMBOKO MUHIWA BENJAMIN

**BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO:
TRATAMENTO DE EFLUENTES DOMÉSTICOS E
DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS**

LAVRAS – MG

2013

AMBOKO MUHIWA BENJAMIN

**BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: TRATAMENTO DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS E DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções e Ambiente, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Francisco Carlos Gomes

Coorientadores

Dr. Antônio Carlos Neri

Dr. Gilmar Tavares

Dr^a Luciana Barbosa de Abreu

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Benjamin, Amboko Muhiwa.

Bacia de evapotranspiração : tratamento de efluentes domésticos e de produção de alimentos / Amboko Muhiwa Benjamin. – Lavras : UFLA, 2013.

50 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Francisco Carlos Gomes.

Bibliografia.

1. Saneamento ecológico. 2. Contaminação. 3. Biofertilizante. 4. Efluentes domésticos - Tratamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 628.742

AMBOKO MUHIWA BENJAMIN

**BACIA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO: TRATAMENTO DE EFLUENTES
DOMÉSTICOS E DE PRODUÇÃO DE ALIMENTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Construções e Ambiente, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 08 de novembro de 2013.

| | |
|-------------------------------|------|
| Dr. Alessandro Torres Campos | UFLA |
| Dra. Roberta Hilsdorf Piccoli | UFLA |
| Dr. Antônio Carlos Neri | UFLA |

Dr. Francisco Carlos Gomes
Orientador

**LAVRAS – MG
2013**

A DEUS;

À minha família: GERMAINE AMBOKO, OBED AMBOKO E ANICET
AMBOKO;

A meu pai AMBOKO MUHIWA SETH que faleceu antes da realização deste
trabalho de pesquisa.

À minha mãe MASIKA KITAKYA pelo amor incondicional.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Livre dos Países dos Grandes Lagos (ULPGL-GOMA RDC) pela confiança oferecida;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) pela oportunidade oferecida e pelos conhecimentos transmitidos;

Ao orientador, Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes, pela amizade, confiança e orientações.

Aos coorientadores, Prof. Dr. Antônio Carlos Néri, Prof. Tit. Gilmar Tavares e Prof.^a Dr.^a. Luciana Barbosa de Abreu, pela amizade, confiança e orientações.

A todo corpo docente de Engenharia e à Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização do trabalho.

A todos os colegas de curso pela convivência e troca de conhecimentos.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para que este trabalho alcançasse seus objetivos.

BIOGRAFIA

Amboko Muhiwa Benjamin, filho de Amboko Muhiwa Seth e Masika Kitakya Elsie, nasceu em Katwa, República Democrática do Congo, no dia 12 de dezembro de 1974; casou-se com Soki Muswagha Germaine e teve dois filhos Obed Amboko e Anicet Amboko.

Concluiu o 2º grau na Escola dos Edifícios e Obras Públicas Kinshasa (IBTP/Kinshasa) no mesmo país no ano 2008.

Trabalha na Universidade Livre dos Países dos Grandes Lagos (ULPGL) como secretário da Faculdade de Ciências e Tecnologias Aplicadas da ULPGL e também como Engenheiro Construtor da mesma Universidade. Foi aceito no mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração: Construções e Ambiente, em março de 2012, na Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil, pelo programa de intercâmbio UFLA-ULPGL, sob a coordenação do Professor Gilmar Tavares, responsável pelo projeto “Vozes da África”.

O projeto “Vozes da África” foi criado com o objetivo de capacitar professores e técnicos Congolese em Agroecologia, Agricultura familiar e Extensão Universitária, no acordo de cooperação PEG (UFLA)/ABC(MRE).

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a potencialidade da bacia de evapotranspiração como proposição de sistema construtivo de tratamento de efluente doméstico e de produção de alimentos pelo sistema plantado, adequado ao meio rural, mais especificamente. Visou gerar informações sobre o sistema construtivo, o tratamento do efluente, a contaminação e fertilidade do solo dentro e fora da bacia, bem como a contaminação de folhas e frutos do sistema plantado. Em se tratando da fertilidade do solo da bacia para produção de banana, os resultados das análises química do solo demonstraram uma grande elevação dos parâmetros pH (potencial hidrogeniônico), P (fósforo), Ca (cálcio), K (potássio), evidenciando a elevada fertilidade do solo, mas a necessidade de correção do potencial hidrógeno por aplicação, por exemplo, do sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$ e aplicação de Zn (Zinco), Fe (Ferro), Mn (Manganês), Cu (Cobre) e Boro via foliar para fazer a correção do solo. Nas amostras do solo, bem como da folha e fruto do sistema plantado, não foram detectadas nas análises microbiológicas a presença de coliformes totais, termotolerantes e *Salmonella* spp, sendo indicativo de que o uso da bacia como recurso de produção de bananas como alimento é variável.

Palavra-chave: Saneamento ecológico. Contaminação. Biofertilizante.

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the potential of the evapotranspiration basin as a proposition for a constructive system of wastewater treatment and food production by planting system, suitable, more specifically, to the rural environment. We aimed at generating information on the constructive system, wastewater treatment, soil contamination and fertility inside and outside of the basin, as well as contamination of leaves and fruits of the planted system. In regard to soil fertility of the basin for the production of bananas, the results of the soil chemical analysis showed a large increase in pH (hydrogenionic potential), P (phosphorus), Ca (calcium) and K (potassium) parameters, evidencing elevated soil fertility, but the need to correct the pH by applying, for example, ammonium sulphate (NH_4)₂SO₄, Zn (zinc), Fe (iron), Mn (manganese), Cu (copper) and B (boron) via foliar. In the microbiological analysis of the soil samples, as well as in the leaf and fruit of the planted system, we did not detect the presence of total coliforms, thermotolerant coliform or *Salmonella* spp, indicating the variability of the use of the basin as a resource for the production of bananas as food.

Keyword: Ecological Sanitation. Contamination. Biofertilizer.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Exemplo de fossa negra sem manutenção (A) e fossa negra com manutenção(B) | 19 |
| Figura 2 | Fossa seca | 20 |
| Figura 3 | Esquema de uma fossa séptica com Filtro Anaeróbico e sumidouro | 21 |
| Figura 4 | Tipos de fossas sépticas..... | 24 |
| Figura 5 | Bacia de evapotranspiração | 28 |
| Figura 6 | Imagens das etapas de construção da bacia de evapotranspiração..... | 31 |
| Figura 7 | Perfil da bacia de evapotranspiração..... | 31 |
| Figura 8 | Bacia de evapotranspiração e sistema cultivado | 33 |
| Figura 9 | Imagens da escavação e impermeabilização da bacia de evapotranspiração..... | 34 |
| Figura 10 | Esquema em corte da bacia de evapotranspiração | 35 |
| Figura 11 | Disposição dos pontos de coleta | 37 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária | 26 |
| Tabela 2 | Taxa de acumulação de lodo (K) em dias, por intervalo de limpeza e temperatura média do mês mais frio | 27 |
| Tabela 3 | Resultados da análise de efluente de entrada da bacia | 42 |
| Tabela 4 | Valores médios para as análises de fertilidade do solo dentro da bacia | 43 |
| Tabela 5 | Amostras de solo fora da bacia na distância de 1,5 metros | 44 |
| Tabela 6 | Amostras de solo fora da bacia na distância 9 metros | 44 |

LISTA DE ABREVIATURAS

| | |
|---------|---|
| ABC | Agência Brasileira da Cooperação |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| CE | Condutividade elétrica |
| CT | Coliformes totais |
| DBO | Demanda bioquímica de oxigênio |
| DQO | Demanda química de oxigênio |
| E. Coli | <i>Escherichia coli</i> |
| H+AL | Extrator SMP |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| m | Índice de saturação de Alumínio |
| M.O | Mateiro orgânico |
| NTK | Nitrogênio total Kjeldhal |
| OD | Oxigênio dissolvido |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| P | Fósforo |
| pH | Potencial Hidrogeniônico |
| P_rem | Fósforo Remanescente |
| SB | Soma de Bases Trocáveis |
| SNHR | <i>Service National de Hydraulique Rural</i> |
| SST | Sólidos suspensos totais |
| SSD | Sólidos suspensos dissolvidos |
| SSF | Sólidos suspensos fixos |
| SSV | Sólidos suspensos voláteis |
| t | Capacidade de troca Catiônica Efetiva |
| T | Capacidade de Troca Catiônica a pH 7 |
| TEvap | Tanque de evapotranspiração |
| V | Índice de Saturação de Bases |

SUMÁRIO

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 13 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 16 |
| 2.1 | Breve históricos de precariedade de saneamento na República Democrática do Congo e no Brasil | 16 |
| 2.2 | Técnicas alternativas para tratamento de efluentes domésticos ... | 18 |
| 2.2.1 | Fossa Negra | 18 |
| 2.2.2 | Fossa Seca | 20 |
| 2.2.3 | Fossa séptica | 21 |
| 2.2.4 | Filtro anaeróbio | 24 |
| 2.2.5 | Sumidouros | 25 |
| 2.2.6 | Bacia de evapotranspiração | 28 |
| 2.3 | Quantidade de despejos na fossa negra e fossa seca | 32 |
| 3 | MATERIAS E MÉTODOS | 33 |
| 3.1 | Área experimental | 33 |
| 3.2 | Materiais e técnicas construtivas da bacia | 33 |
| 3.3 | Análises do tratamento do efluente | 35 |
| 3.4 | Análises microbiológica e química do solo dentro e fora da bacia | 36 |
| 3.5 | Análises da contaminação por patógenos nas folhas e frutos do sistema plantado | 38 |
| 3.5.1 | Quantificação de coliformes totais e termotolerantes | 38 |
| 3.5.2 | Presença de <i>Salmonella</i> spp. | 39 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 40 |
| 4.1 | Sobre os materiais e técnicas construtivas | 40 |
| 4.2 | Parâmetros físico-químicos do efluente | 41 |
| 4.3 | Resultados de análise do solo | 43 |
| 4.3.1 | Resultados de análise química do solo | 43 |
| 4.3.2 | Condutividade Elétrica | 45 |
| 4.3.3 | Análise microbiológicas das frutas, folhas e solo | 46 |
| 5 | CONCLUSÕES | 47 |
| | REFERÊNCIAS | 48 |

1 INTRODUÇÃO

Os dejetos provenientes de atividades sanitárias de humanos necessitam ser tratados para não causar danos ao próprio homem e ao meio ambiente. Uma das metas fundamentais do saneamento é tratar as águas residuais, relacionadas aos dejetos fecais e de outros efluentes líquidos provenientes de atividades humanas, de modo que as poluições microbiológicas e físico-químicas que elas contêm não causem riscos para a saúde humana, além da degradação do meio ambiente.

Na zona rural, o problema da disposição inadequada do esgoto doméstico é ainda mais grave, pois estas localidades normalmente não dispõem de infraestrutura para tratamento.

A utilização do saneamento como instrumento de promoção da saúde pressupõe a superação dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais, que têm dificultado a extensão dos benefícios a áreas rurais, municípios e localidades de pequeno porte (GUIMARÃES; CARVALHO; SILVA, 2013).

Os recursos hídricos estão diretamente ligados ao saneamento e a água constitui elemento essencial à vida. O homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender suas necessidades, para proteção de sua saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico.

A maioria dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto presentes nas cidades utiliza grande quantidade de água para transportar os dejetos até um centro de tratamento no final da rede coletora.

Visto a escassez e o modo de utilização desse recurso, têm sido proposto tecnologias simplificadas de tratamento próximo à fonte geradora dos resíduos. Esses tratamentos são chamados “sistemas não convencionais”, entre os quais pode-se citar: fossa negra e fossa seca.

A fossa negra, por definição, é uma escavação que recebe os dejetos, desprovida de revestimento interno impermeabilizante, cujo fundo fica a menos de 1,5 m acima do lençol freático, em condições de poluir a água utilizada para consumo doméstico, oriunda de poços artesanais (ALVES, 2009).

A fossa seca é uma técnica muito empregada em diversos países do mundo e, basicamente, utiliza processos para tratar os dejetos humanos que reduzem consideravelmente, ou totalmente, o uso de água para o transporte, armazenamento e tratamento destes resíduos (ALVES, 2009).

O uso da técnica de saneamento convencional por fossa séptica, não está acessível à grande parte da população, como aquelas de baixa renda ou residentes em locais afastados dos centros urbanos.

A fossa séptica é alternativa para casas localizadas em locais que não têm sistema público de coleta e tratamento de esgotos. São tanques enterrados, que recebem o esgoto doméstico, retêm a parte sólida e iniciam o processo biológico de purificação da parte líquida (DACACH, 1979).

Dentre os sistemas ecológicos de saneamento, a bacia de evapotranspiração é uma tecnologia proposta por permacultores para tratamento e reuso domiciliar de águas residuárias e consiste em um sistema plantado, onde ocorre decomposição anaeróbia da matéria orgânica, mineralização e absorção dos nutrientes e da água pelas raízes (PAULO; BERNARDES, 2004).

Segundo Guimarães, Carvalho e Silva (2013), investir em saneamento é uma das formas de se reverter o quadro existente de precariedade das condições de saúde devido à falta de tratamento de dejetos humanos.

Dados divulgados pelo Ministério da Saúde, citado pelo Ministério das Cidades (BRASIL, 2009), afirmam que para cada R\$1,00 investido no setor de saneamento, economiza-se R\$4,00 na área de medicina curativa.

A problemática da pesquisa constitui em investigar qual sistema de tratamento de efluentes domésticos apresenta características construtivas e eficiência de tratamento relevante e adequado para emprego no meio rural.

Tendo em vista os diversos tipos de sistemas de tratamento de efluentes domésticos denominados convencionais, não convencionais e ecológicos, o emprego e adequação desses sistemas no meio rural implicam e justificam a necessidade de estudos comparativos dos sistemas.

O uso de sistemas ecológicos no tratamento de efluentes domésticos vem se apresentando como uma técnica adequada por se adaptar à realidade de comunidades carentes, principalmente as de áreas rurais, pela produção concomitante de alimento, pelo baixo custo da construção no reuso de materiais da construção e pela facilidade de reuso do efluente como biofertilizante.

Considerando que no formas de tratamento por evapotranspiração, os efluentes não entram em contato com o solo, pois o sistema é impermeável, este não apresenta potencial de contaminação das águas subterrâneas e do lençol freático. A implantação dessas técnicas pode contribuir significativamente para a conservação dos recursos hídricos da unidade rural familiar e da micro bacia hidrográfica.

O objetivo principal deste trabalho foi avaliar a potencialidade da bacia de evapotranspiração como proposição de um sistema construtivo de tratamento de efluente doméstico e de produção de alimentos pelo sistema plantado, adequado ao meio rural.

Compõem-se como os seguintes objetivos específicos em relação às potencialidades da bacia de evapotranspiração: Caracterização dos materiais e técnicas construtivas empregadas, verificação do tratamento do efluente pela análise microbiológica e química do solo da bacia, análise microbiológica e química do solo dentro e fora da bacia, análise da contaminação por patógenos em folha e fruto do sistema plantado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Breve históricos de precariedade de saneamento na República Democrática do Congo e no Brasil

Ao longo de décadas, a separação é crescente por um lado, os políticos e as técnicas modernas de sistemas de esgoto e, por outro, as pessoas que desenvolvem outras formas de saneamento mais adaptadas às suas capacidades técnicas e financeiras. Com o rápido crescimento das cidades africanas, as formas autônomas de saneamento se tornam a alternativa da maioria da população. Mas essas formas levantam questões de ordem técnica, financeira, ambiental, organizacional e institucional de natureza completamente diferente das abordagens em torno do estabelecimento de um sistema de esgoto (HYDROCONSEIL, 2010).

Mais do que qualquer outro continente, abordar o saneamento urbano na África é reconhecer o atraso significativo do conhecimento de qualquer tipo em relação a práticas populares e soluções para a capacidade local (o ambiente físico, tanto quanto os moradores). Significa, também, o desenvolvimento de pesquisa específica sobre este continente, para melhorar e diversificar as formas de saneamento autônomas, e sua inserção nas políticas públicas de saneamento de massa (HYDROCONSEIL, 2010).

Segundo a OMS (2010 citado por HYDROCONSEIL, 2010), o saneamento no Congo é muito crítico e carece de melhoria. Visto que somente 26% da população tem acesso à água potável e existindo uma grande disparidade: 70% da água potável, destina-se a residências urbanas e 30%, ao meio rural.

De acordo com United Nations Children's Fund - UNICEF (2013), 36% da população urbana, 4% da população rural e 14% da população nacional têm acesso à instalação sanitária melhorada.

Na cidade ou Mwene Ditu, 50% da população não têm banheiro; ou seja, 80% dos lotes não têm sanitários (BELTRADE, 2011).

Em Kisangani, pessoas defecam em sacos, na natureza ou em cochos (BELTRADE, 2011). Essa situação apresenta risco à saúde pública por causa do ar pestilento e ao mau cheiro de fezes que poluem o ambiente.

Também, apenas uma em cada cinco pessoas tem acesso à água potável. As causas são muitas: falta de recursos financeiros no setor, ruínas de instalações existentes, gerenciamento de rede ineficaz, explosão demográfica e cidades com descontrole de crescimento em sua periferia.

Segundo Regideso (Regideso, sigla, em francês, para Régie de Distribution des Eaux), a rede de distribuição de água da República Democrática do Congo, não é capaz de acompanhar o crescimento desenfreado das cidades, uma vez que a amplitude desse crescimento urbano é grande.

Segundo Beltrade (2011), no meio rural, o SNHR (Serviço Nacional de Água Rural) não tem os meios necessários para cumprir a sua missão.

Em áreas periurbanas e rurais, a distância entre os pontos de água também é um problema para o fornecimento de água potável, devido à ausência do ponto de água individual. Em alguns lugares, as mulheres e as crianças têm que percorrer mais de 4 km para buscar água para a família. Enfim, o custo dos serviços de água é muito maior na periferia do que nos grandes centros urbanos, por causa dos muitos intermediários na cadeia de distribuição e escassez de água (BELTRADE, 2011).

Tudo isso tem impacto negativo sobre a saúde da população, devido ao aumento na prevalência de doenças transmitidas pela água.

No Brasil, dados inéditos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2012) mostram que 71,8% dos municípios não possuíam, em 2011, uma política municipal de saneamento básico. Sendo que a maioria, 60,5% das cidades, não tinha acompanhamento algum quanto às licenças de esgotamento sanitário, além da drenagem e manejo de águas pluviais urbanas e do abastecimento de água. Em quase metade das cidades do país, 47,8%, não há órgão de fiscalização da qualidade da água.

2.2 Técnicas alternativas para tratamento de efluentes domésticos

Vários sistemas de tratamento de efluentes domésticos devem ser analisados para fazer comparações dos materiais utilizados na construção e eficiência do tratamento.

2.2.1 Fossa Negra

Segundo Dacach (1979), a fossa negra, por definição (Figura 1A e 1B), é uma escavação que recebe dejetos ou esgoto e que é desprovida de revestimento interno impermeabilizante, seu fundo atinge ou fica a menos de 1,5 m acima do lençol freático, em condições de poluir a água utilizada para consumo doméstico, oriunda de poços artesanais. Portanto, é uma solução condenável para o destino dos dejetos.

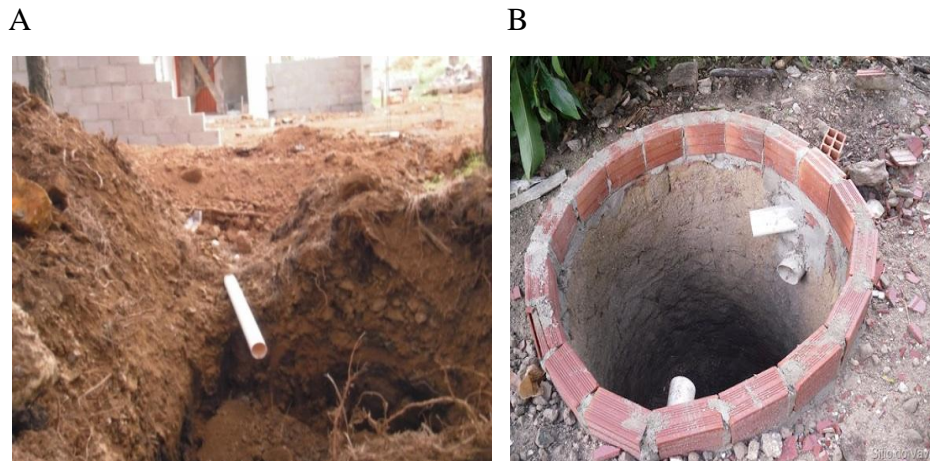


Figura 1 Exemplo de fossa negra sem manutenção (A) e fossa negra com manutenção(B)

Fonte: Fossa... (2013a)

A construção de uma fossa negra consiste em escavação no solo sem nenhum revestimento das paredes. É uma trincheira feita no solo para receber o efluente humano. A qualidade do solo será de grande importância. Um solo argiloso é melhor do que um solo rochoso e pantanoso por que para solo argiloso o lençol freático é muito mais baixo do que para o solo pantanoso, tendo facilidade para a contaminação do lençol freático do solo pantanoso do que do solo argiloso.

Conforme Dacach (1979), para o dimensionamento da fossa negra considera-se um volume por pessoa de 0,036 metros cúbicos, normalmente o diâmetro varia de dois a quatro metros e altura varia de quatro a seis metros.

2.2.2 Fossa Seca

A fossa seca (Figura 2) é basicamente uma escavação no solo com forma cilíndrica ou de seção quadrada, na qual as fezes e o material de asseio são depositados (DACACH, 1979).

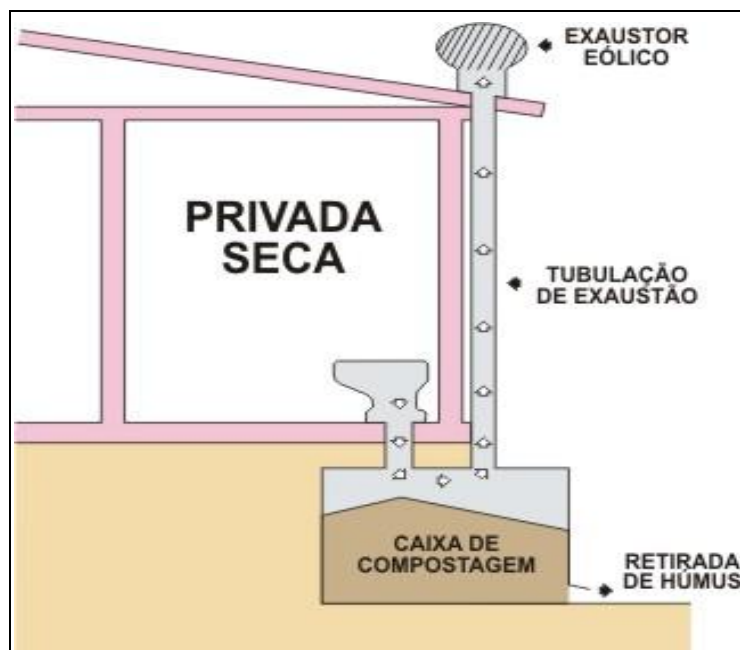


Figura 2 Fossa seca

Fonte: Fossa... (2013b)

Segundo Dacach (1979), uma característica fundamental da fossa seca (e daí vem o seu nome) é que ela não deve receber água de descargas, de banhos, de lavagem, de enxurrada ou mesmo água do solo quando o nível da água subterrânea for muito alto. Quanto à localização, a privada de fossa seca deve ser feita em lugares livres de enchentes e de fácil acesso aos usuários, deve estar

distante de poços e fontes de água no mínimo 15 metros, e deve ser feita no nível inferior a essas fontes de água.

Conforme Dacach (1979), o volume da fossa deve ser pelo menos 0,06 m³(60 litros)/pessoa por cada ano de uso da privada, mais uma folga superior na altura de 0,50 metro. Um volume adicional de 50% deve ser previsto em comunidades onde a população usa materiais volumosos como sabugo de milho, sacos de cimentos ou até mesmo pedras para limpeza anal.

2.2.3 Fossa séptica

Segundo Dacach (1979), as fossas sépticas são unidades de tratamento primário de esgoto doméstico nas quais são feitas a separação e a transformação físico-química da matéria sólida contida no esgoto. É uma maneira simples e barata de disposição dos esgotos indicada, sobretudo, para a zona rural ou residências isoladas (Figura 3).

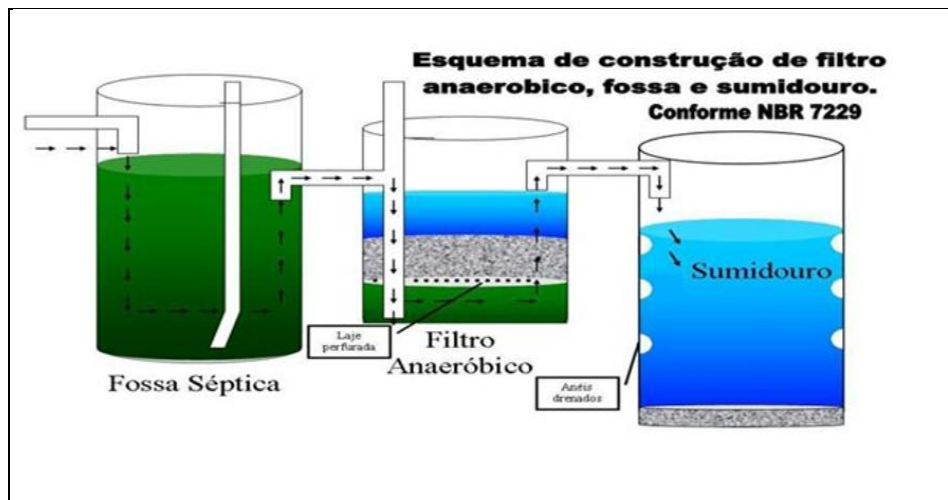


Figura 3 Esquema de uma fossa séptica com Filtro Anaeróbico e sumidouro
Fonte: Esquema... (2013)

De acordo com Dacach (1979), o esgoto deve ser lançado em tanque ou em fossa, para que com o menor fluxo da água, a parte sólida possa se depositar liberando a parte líquida. Uma vez feito isso, bactérias anaeróbias agem sobre a parte sólida do esgoto decompondo-o. Esta decomposição é importante, pois torna o esgoto residual com menor quantidade de matéria orgânica, pois a fossa remove cerca de 40% da demanda biológica de oxigênio e o mesmo, pode ser lançado de volta à natureza, com menor prejuízo à mesma.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1993) (NBR7229/1993), as fossas sépticas não devem ficar muito perto das moradias (para evitar mal cheiros) nem muito longe (para evitar tubulações muito longas). A distância recomendada é de cerca de 4 metros.

A fossa séptica feita no local tem formato retangular ou circular. Para funcionar bem, ela deve ter dimensões determinadas por meio de um projeto específico de engenharia (DACACH, 1979). A execução desse tipo de fossa séptica começa pela escavação do buraco onde a fossa vai ficar enterrada no terreno.

O fundo do buraco deve ser compactado, nivelado e coberto com uma camada de cinco centímetros de concreto magro, (um saco de cimento, oito litros de areia, 11 latas de brita e duas latas de água, a lata de medida é de 18 litros). Sobre o concreto magro é feito uma laje de concreto armado de seis centímetros de espessura (um saco de cimento, quatro litros de areia, seis litros de brita e 1,5 litro de água) com malha de ferro 4 e duas unidades a cada vinte centímetros.

As paredes são feitas com tijolo maciço, ou cerâmico, ou com bloco de concreto. Durante a execução da alvenaria, já devem ser colocados os tubos de entrada e saída da fossa (tubos de cem milímetros), e deixadas ranhuras para encaixe das placas de separação das câmaras, caso de fossa retangular. As paredes internas da fossa devem ser revestidas com argamassa à base de cimento (um saco de cimento, cinco litros de areia e dois litros de cal).

A fossa séptica circular, a que apresenta maior estabilidade, utiliza-se para retentores de espuma na entrada e na saída, Tês de PVC de noventa graus de diâmetro cem milímetros. Na fossa séptica retangular, a separação das câmaras (chicanas) e a tampa da fossa são feitas com placas pré-moldadas de concreto. Para a separação das câmaras são necessárias cinco placas: duas de entrada e três de saída. Essas placas têm quatro centímetros de espessura e a armadura em forma de tela. A tampa é subdividida em placas com 5 cm de espessura, para facilitar a sua execução e até a sua remoção e sua armação também é feita em forma de tela.

A NBR 7229 (ABNT, 1993) - Projeto, construção e operação de tanques sépticos prevê opção de uso dos tanques sépticos em seções prismáticas (retangulares) e circulares. Também prevê a opção de operação em câmara única ou múltipla.

Chernicharo (1997) define três tipos de tanques sépticos: câmara única, câmaras em série e câmaras sobrepostas. Na Figura 4, são apresentados três tipos de tanques sépticos normatizados pela NBR 7229 (ABNT, 1993).

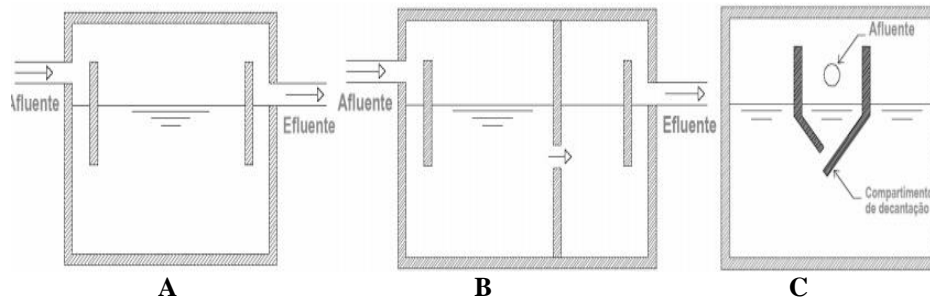


Figura 4 Tipos de fossas sépticas

Fonte: Chernicharo (1997)

Nota: A) Câmara única, B) Câmara em série, c) Câmara sobreposta.

Segundo Chernicharo (1997), o tanque séptico com câmaras sobrepostas tem a função de favorecer a decantação dos sólidos sem a interferência dos gases gerados na digestão anaeróbia.

2.2.4 Filtro anaeróbio

De acordo com NBR 7229 (ABNT, 1993), o filtro anaeróbio é de grande eficiência no tratamento de efluentes sanitários, consistindo de caixa com pedra britada, que recebendo o efluente do tanque séptico por sua parte inferior, procede a tratamento anaeróbio por bactérias aderidas ao meio suporte que são as pedras.

O fluxo é de baixo para cima, fato este que proporciona eficiência consideravelmente maior.

O efluente do filtro anaeróbio, já tratado, livre de resíduos orgânicos, é encaminhado à vala de infiltração.

O filtro anaeróbio é dimensionado em conformidade com o número de usuários.

2.2.5 Sumidouros

De acordo com NBR 7229 (ABNT, 1993), o sumidouro é um poço sem laje de fundo que permite a infiltração (penetração) do efluente da fossa séptica no solo.

O diâmetro e a profundidade dos sumidouros dependem da quantidade de efluentes e do tipo de solo. Mas não deve ter menos de 1 m de diâmetro e mais de 3 m de profundidade, para simplificar a construção.

Os sumidouros podem ser feitos com tijolo maciço ou blocos de concreto ou ainda com anéis pré-moldados de concreto.

A construção de um sumidouro começa pela escavação do buraco, a cerca de 3 m da fossa séptica e num nível um pouco mais baixo, para facilitar o escoamento dos efluentes por gravidade. A profundidade do buraco deve ser 0,7 m maior que a altura final do sumidouro. Isso permite a colocação de uma camada de pedra, no fundo do sumidouro, para infiltração mais rápida no solo, e de uma camada de terra, de 20 cm, sobre a tampa do sumidouro.

Os tijolos ou blocos só devem ser assentados com argamassa de cimento e areia nas juntas horizontais. As juntas verticais devem ter espaçamentos (no caso de tijolo maciço, de um tijolo), e não devem receber pré-moldados, eles devem ser apenas colocados uns sobre os outros, sem nenhum rejuntamento, para permitir o escoamento dos efluentes.

A laje ou tampa do sumidouro pode ser feita com uma ou mais placas pré-moldadas de concreto, ou executada no próprio local, tendo o cuidado de armar em forma de tela.

Segundo NBR7229 (ABNT, 1993), o dimensionamento da fosse séptica é dada pela formula $V = 1000 + N(CT+Kf)$

V = Volume útil em litros

N = número de pessoa ou unidades de contribuição

C = Contribuição de despejos, em L/dia.

T = Período de detenção, em dias. (Tabela 1)

K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco (Tabela 2)

f = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa.

Tabela 1 Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária

| Contribuição diária (L) | Tempo de detenção | |
|-------------------------|-------------------|-------|
| | Dias | Horas |
| Até 1 500 | 1 | 24 |
| De 1 501 a 3 000 | 0,94 | 22 |
| De 3 001 a 4 500 | 0,83 | 20 |
| De 4 501 a 6 000 | 0,75 | 18 |
| De 6 001 a 7 500 | 0,67 | 16 |
| De 7 501 a 9 000 | 0,58 | 14 |
| Mais de 9 000 | 0,50 | 12 |

Fonte: ABNT (1993)

Tabela 2 Taxa de acumulação de lodo (K) em dias, por intervalo de limpeza e temperatura média do mês mais frio

| Intervalo entre limpezas (anos) | Valores de K por faixa de temperatura ambiente(t), em °C | | |
|------------------------------------|---|---------------------|-------------|
| | $t \leq 10$ | $10 \leq t \leq 20$ | $t \geq 20$ |
| 1 | 94 | 65 | 57 |
| 2 | 134 | 105 | 97 |
| 3 | 174 | 145 | 137 |
| 4 | 214 | 185 | 177 |
| 5 | 254 | 225 | 217 |

Fonte: ABNT (1993)

Macintyre (1996) sugere, para uma instalação de Tanque Séptico bem projetado e construído, as seguintes eficiências:

- a) Remoção de sólidos em suspensão 50 a 70%;
- b) Redução de bacilos coliformes 40 a 60%;
- c) Redução da DBO 30 a 60%;
- d) Remoção de graxas e gorduras 70 a 90%.

A norma vigente relacionada ao projeto de Tanque Séptico, a ABNT (1993), sugere a utilização de câmara múltipla para maior eficiência no tratamento.

2.2.6 Bacia de evapotranspiração

a) Histórico

Segundo Vieira (2010), o tanque de evapotranspiração é uma tecnologia proposta por permacultores para tratamento da água negra e consiste em um sistema plantado, onde ocorre decomposição anaeróbica da matéria orgânica, mineralização e absorção dos nutrientes e da água pelas raízes (Figura 5).

Segundo Vieira (2010), a ideia original é atribuída ao permacultor americano Tom Watson, adaptada em projetos implantados por permacultores brasileiros, principalmente no Estado de Santa Catarina e na região do Distrito Federal.

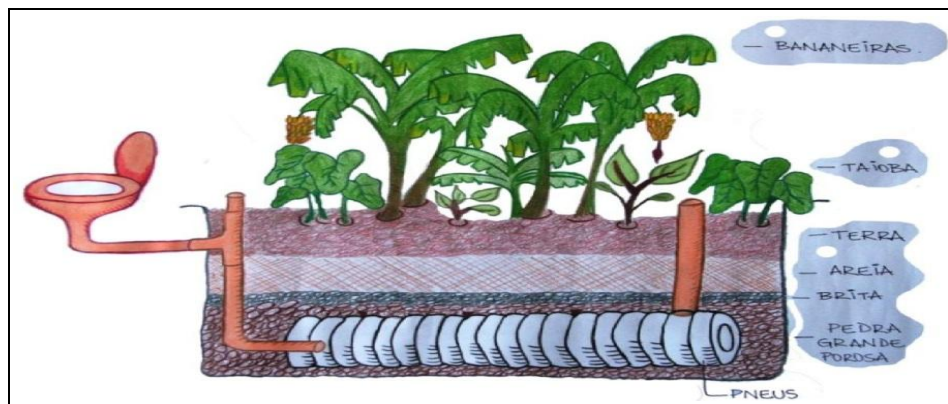


Figura 5 Bacia de evapotranspiração

Fonte: Vieira (2010)

Segundo Vieira (2010), o funcionamento da bacia é descrito pelas etapas:

a) Fermentação

A água negra é decomposta pelo processo de fermentação (digestão anaeróbia) realizado pelas bactérias na câmara bioasséptica de pneus e nos espaços criados entre as pedras e tijolos colocados ao lado da câmara.

b) Segurança

Os patógenos são enclausurados no sistema, porque não há como garantir sua eliminação completa. Isto é realizado graças ao fato da bacia ser fechada, sem saídas. A bacia necessita ter espaços livres para o volume total de água e resíduos humanos recebidos durante um dia. A bacia deve ser construída com uma técnica que evite as infiltrações e vazamentos.

c) Percolação

Como a água está presa na bacia 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.

d) Evapotranspiração

A evapotranspiração é o principal princípio da bacia, pois graças a ele é possível o tratamento final do efluente, que só sai do sistema em forma de vapor, sem nenhum contaminante. A evapotranspiração é realizada pelas plantas, principalmente as de folhas largas como as bananeiras, mamoeiros, caetés, taioba, etc. que, além disso, consomem os nutrientes em seu processo de crescimento, permitindo que a bacia nunca encha.

e) 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 de colhidos os 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 na bacia. Segundo (opcional), de tempos em tempos, deve-se observar os dutos de inspeção e coletar amostras de água para exames. E 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.

De acordo como Vieira (2010), a construção da uma bacia consiste das seguintes etapas:

- a) Trincheira: cavar 1 m de profundidade por 2 m² por pessoa e impermeabilizar o solo (Figura 6a e 6b);
- b) Camada de recepção (série de pneus alinhados): Organizar a coluna de pneus, colocando alguns pedaços de caco de tijolo ou telha entre eles para permitir maior circulação da água e o encanamento (Figura 6c);
- c) Camada delgada de entulho de obras: onde acontece a digestão anaeróbica do efluente, que escorre pelos espaços entre pneus (Figura 7a);
- d) Camada de brita grossa e brita fina: nessas camadas inicia-se um filtro que permite o desenvolvimento das raízes das plantas (Figura 7a);
- e) Camada de Areia: camada mais fina do filtro (Figura 7a);
- f) Camada de terra: deve-se tomar o cuidado de se adubar com esterco curtido para melhor desenvolvimento das plantas (Figura 7a);



Figura 6 Imagens das etapas de construção da bacia de evapotranspiração
Fonte: Vieira (2010)

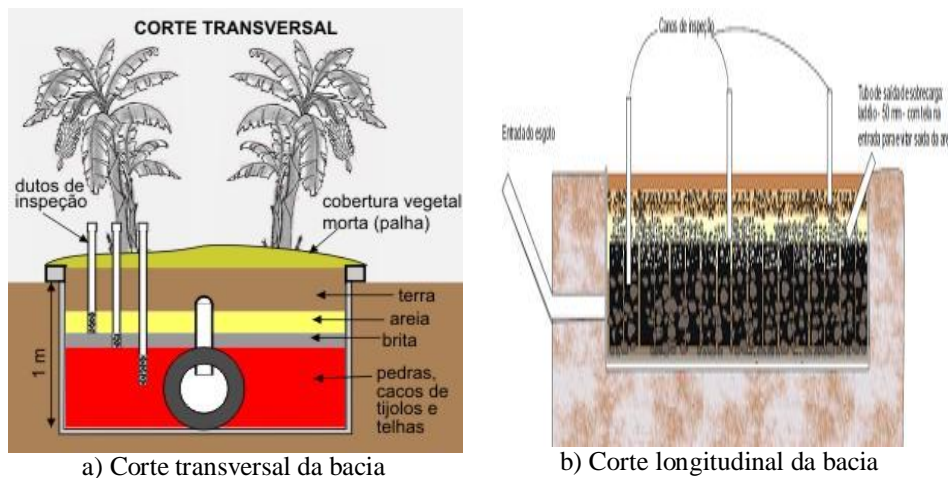


Figura 7 Perfil da bacia de evapotranspiração
Fonte: Vieira (2010)

Segundo Vieira (2010), pela prática, observa-se que 2 m^3 de bacia para cada morador é o suficiente para que o sistema funcione sem extravasamentos. A forma de dimensionamento da bacia é: largura de 2 m e profundidade de 1 metro. O comprimento é igual ao número de moradores usais da casa. Para uma

casa com cinco moradores, a dimensão fica assim: $(L \times P \times C) = 2 \times 1 \times 5 = 10 \text{ m}^3$.

2.3 Quantidade de despejos na fossa negra e fossa seca

Segundo Dacach (1979), o dimensionamento do buraco é feito em função de uma percentagem do total das excretas que ele vai receber.

Os excretos produzidos por uma pessoa durante 365 dias ficam reduzidos a 36,5 L de lodo úmido após um ano de digestão.

A digestão dos sólidos é mais lenta e menos completa em buraco seco. Por isso, a capacidade deve ser acrescida de pouco mais de 60%, implicando a taxa de 60 litros por pessoa.

3 MATERIAS E MÉTODOS

3.1 Área experimental

A pesquisa foi desenvolvida a partir de uma bacia de evapotranspiração construída no projeto denominado Estudo e Implantação Participativa de Tecnologias Permaculturais e Agroecológicas na Agricultura Familiar, através da extensão universitária em uma propriedade rural no Município de Carrancas/MG (Figura 8).

A bacia foi construída no dia 29 de novembro de 2009 para um número de usuários de quatro pessoas.



Figura 8 Bacia de evapotranspiração e sistema cultivado

Fonte: Foto obtida pelo autor da pesquisa

3.2 Materiais e técnicas construtivas da bacia

Para alcançar o objetivo do trabalho, foi realizado um estudo sobre a caracterização dos materiais e técnicas construtivas empregadas para a bacia de evapotranspiração. Foi feito um diagnóstico com os responsáveis da propriedade onde foi construída a bacia de evapotranspiração para a identificação dos materiais e técnicas empregados.

A bacia foi feita por escavação de uma trincheira com dimensões de 3 m x 2 m x 1 m, respectivamente à comprimento, largura e profundidade (Figura 9a). Em seguida, foi revestida com lona de plástico para impermeabilização (Figura 9b).



a) Escavação da trincheira

b) Impermeabilização da bacia

Figura 9 Imagens da escavação e impermeabilização da bacia de evapotranspiração

Fonte: Fotos obtidas pelo autor da pesquisa

Um duto formado pelo alinhamento de pneus usados foi posicionado longitudinalmente no fundo do tanque, sem nenhum tipo de rejunte, de forma que o efluente pudesse sair do duto passando entre os pneus.

A tubulação de entrada de esgoto foi posicionada para dentro desse duto. Ao redor da mesma, foi colocada uma camada de aproximadamente 45 cm de entulho cerâmico, cobrindo todo o fundo do tanque. Acima dessa camada de entulho foram colocadas camadas dos materiais brita, areia e solo com as seguintes espessuras: 10 cm de brita, 10 cm de areia e 35 cm de solo. Para inspeção de verificação de análise do efluente foi colocado um tubo de 50 mm de diâmetro perfurando o pneu até o efluente. Na saída do tanque, foi colocado um tubo de drenagem de 50 mm de diâmetro, 18 cm abaixo da superfície do solo, para o caso de eventuais extravasamentos do tanque.

Na superfície da bacia, foram plantadas mudas de bananeira distribuídas longitudinalmente no centro da bacia (Figura 10).

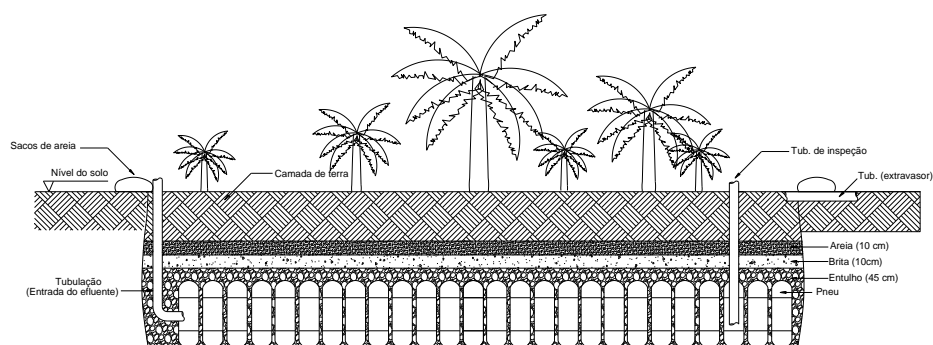


Figura 10 Esquema em corte da bacia de evapotranspiração

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa

3.3 Análises do tratamento do efluente

Para verificação do tratamento do efluente, foi coletada em setembro de 2013 uma amostra no fundo da bacia através de uma tubulação de inspeção posicionada durante a construção da bacia.

Foram realizadas no Laboratório de Análise de Água da Universidade Federal de Lavras, análises de pH, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), condutividade elétrica (CE), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes totais.

Foi feito o procedimento em tubos múltiplos para determinação de coliformes totais.

3.4 Análises microbiológica e química do solo dentro e fora da bacia

A análise microbiológica e química em amostras do solo teve a função de determinar a contaminação e fertilidade do solo dentro e fora da bacia. Foram coletadas quatro amostras do solo, sendo duas dentro do sistema plantado, ou seja, dentro da bacia e duas amostras fora da bacia a uma profundidade de aproximadamente 30 cm. As análises químicas foram feitas no Laboratório de Solo do Departamento de Ciência do solo, e a análise microbiológica, no Laboratório de microbiologia do Departamento de Ciência dos Alimentos, ambos da Universidade Federal de Lavras.

A coleta das amostras foi feita segundo a disposição seguinte (Figura 11):

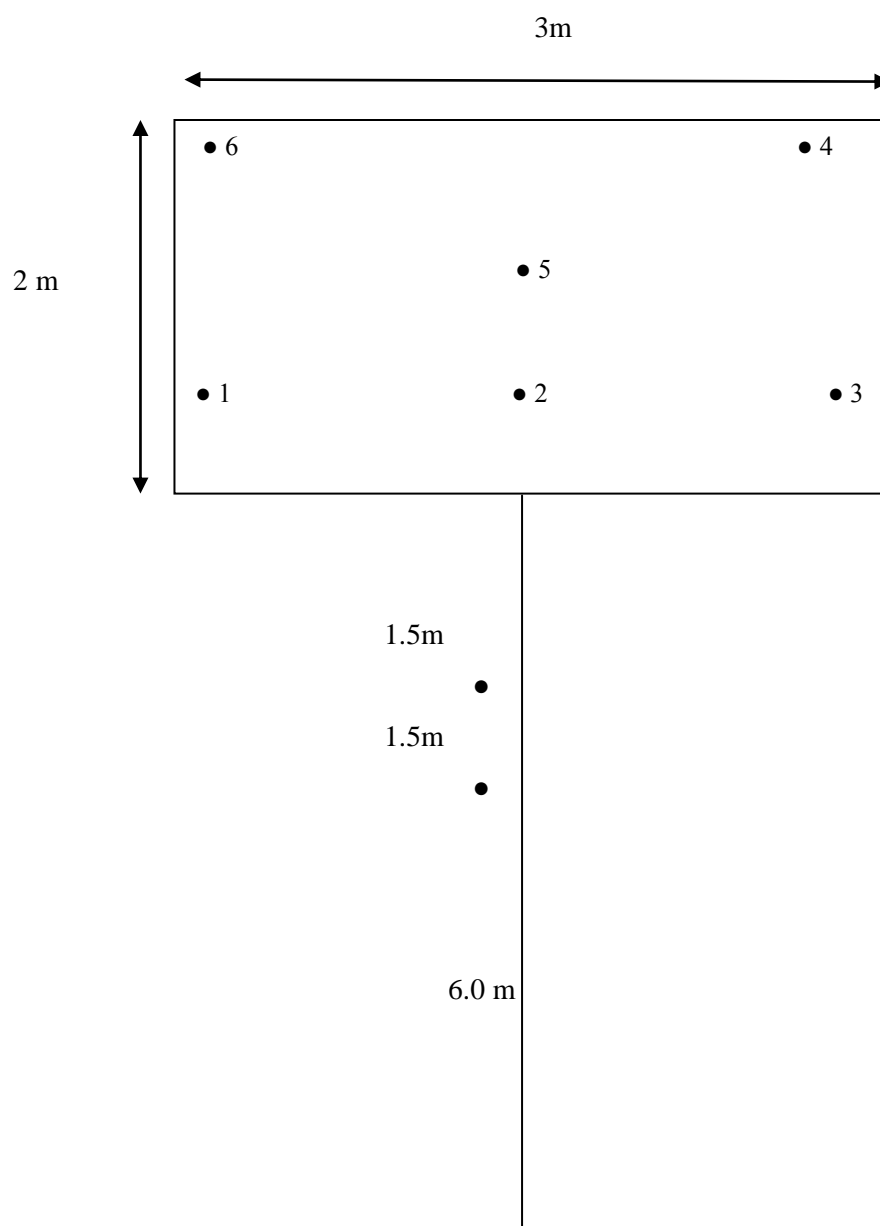


Figura 11 Disposição dos pontos de coleta

Fonte: Elaborado pelo autor da pesquisa.

3.5 Análises da contaminação por patógenos nas folhas e frutos do sistema plantado

Na bacia, foram plantadas bananeiras, devido ao seu alto potencial de evapotranspiração e ainda à finalidade de produção de bananas como alimento. Assim, foram realizadas as análises microbiológicas para verificação da contaminação por patógenos na folha e no fruto. Foram feitas análises de coliformes totais, coliformes termotolerante e *Salmonella* spp. As análises foram realizadas no Laboratório de microbiologia do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

3.5.1 Quantificação de coliformes totais e termotolerantes

Foram aliqüotadas 25 g de banana e 10 g de folhas de bananeira homogeneizadas em 225 mL e 90 mL de água peptonadas (0,1%) em homogeneização tipo stomaker (490 golpes/3 min).

Após homogeneização, alíquotas de 1 mL das amostras foram transferidas para tubos contendo 9 mL de água peptonada (0,1% m/v), realizando-se diluições seriadas. Alíquotas das diluições adequadas foram transferidas para 3 (três) séries de 3 (três) tubos contendo caldo Lauri Sulfato Triptona (LST) e tubos de Durhan. Os tubos foram incubados a 37 °C por 24 – 48 h, após esse período, os tubos que apresentavam turvação do meio e produção de gás foram considerados positivos. Dessas, (quantas?) alíquotas foram transferidas para tubos contendo Caldo Bile Verde Brilhante (VB), incubados a 37 °C por 24 – 48 h, e (quantas?) em Caldo EC e incubados a 45 °C por 24 – 48 horas. Os tubos contendo caldo VB que apresentaram turvação do meio e presença de gás foram considerados positivos para coliformes totais.

Os tubos contendo caldo EC que apresentaram turvação do meio e presença de gás foram considerados positivos para coliformes termotolerantes. Os resultados foram expressos em NMP/g.

3.5.2 Presença de *Salmonella* spp.

Alíquotas de 10 g de cada amostra foram transferidas para frascos contendo 90 mL de água peptonada tamponada e incubadas a 37 °C por 18 horas. Após o pré-enriquecimento, alíquotas de 1 mL de cada frasco foram transferidas para tubos contendo caldo Rappaport-Vasilidis e caldo Tetratuionato de sódio e incubados a 37 °C por 24 horas. Colônias suspeitas foram transferidas para tubos contendo Agar tríplice açúcar ferro (TSI) e Agar Lisina Ferro (LIA), esses foram incubados a 37 °C por 24 horas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Sobre os materiais e técnicas construtivas

A utilização dos pneus se justifica pela necessidade de criar um duto de recepção de efluente facilitando a sua distribuição. Além dessa função, a escolha de pneus é motivada pela característica química dos pneus em resistir à corrosão do efluente.

A areia e a brita têm pouca ou nenhuma capacidade absorviva, porém, apresentam um ótimo potencial de escoamento e facilita a filtração de água.

O entulho deve ser de materiais de grandes dimensões constituídas pelos resíduos de construção como pedra, brita.

Por outro lado, a argila tem alto potencial de adsorção, mas apresenta baixa condutividade hidráulica, ao longo do tempo.

A bananeira é uma planta de crescimento rápido que requer, para seu desenvolvimento e produção, quantidades adequadas de nutrientes disponíveis no solo. Embora parte das necessidades nutricionais possa ser suprida pelo próprio solo e pelos resíduos das colheitas, na maioria das vezes é necessário aplicar calcário e fertilizantes para a obtenção de produções economicamente rentáveis (BORGES; SOUZA, 2004).

As necessidades de nutrientes são elevadas, devido às altas quantidades exportadas nas colheitas dos cachos de banana.

Segundo Borges e Souza (2004), o potássio (K) e o nitrogênio (N) são os nutrientes mais absorvidos e necessários para o crescimento e produção da bananeira, seguidos pelo magnésio (Mg) e pelo cálcio (Ca). Em sequência e com menor grau de absorção estão os nutrientes enxofre (S) e fósforo (P).

De acordo com Borges e Souza (2004), embora a bananeira necessite de grande quantidade de nutrientes, uma parte considerável retorna ao solo, uma

vez que cerca de 66% da massa vegetativa produzida na colheita é devolvida ao solo, em forma de pseudocaule, folhas e rizoma. Dessa maneira, há uma recuperação significativa da quantidade utilizada dos nutrientes, em razão da ciclagem dos mesmos.

Pela caracterização do sistema construtivo da bacia de evapotranspiração descrito, pode-se observar que este apresenta inúmeras vantagens em relação aos sistemas convencionais (fossa séptica) e não convencionais (fossa seca e negra). Os materiais utilizados como entulho e pneus descartados são de baixo custo e de uso ecológico no reaproveitamento. A bacia apresenta um sistema de tratamento fechado impermeabilizado envolvendo o potencial de evaporação e evapotranspiração, o que difere dos sistemas convencionais e não convencionais diminuindo a possibilidade de contaminação do solo e do lençol freático.

4.2 Parâmetros físico-químicos do efluente

Os resultados da análise físico-química do efluente da bacia são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Resultados da análise de efluente de entrada da bacia

| Parâmetros Analisados | Amostra registrada N°387/197/13 |
|---------------------------------|--|
| pH | 7,8 |
| DBO (mg/L) | 893 |
| DQO (mg/L) | 1723 |
| Nitrogênio Total (mg/L) | 104,20 |
| Fósforo Total (mg/L) | 3,05 |
| Condutividade elétrica (ms/cm) | 1260 |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 2 |
| Sólidos Totais (mg/L) | 12464 |
| Sólidos suspensos Totais (mg/L) | 2660 |
| Coliformes Totais (NMP/100 mL) | $9,5 \times 10^{11}$ |

O efluente foi analisado para fim da utilização como biofertilizante. A presença de nutrientes, como o fósforo e o nitrogênio, no efluente sugere a indicação de utilização como fertilizante. O nitrogênio, por exemplo, pode ser absorvido pela vegetação sob a forma amoniacal e como nitrato. No solo, o nitrogênio na forma de amônio pode ser retido nos sítios de troca nas argilas e na matéria orgânica do solo (MATOS, 2010).

O fósforo é apenas absorvido pelas plantas na forma de ortofosfato. Os íons de fosfato em solução se movimentam lentamente no solo, onde grande parte do fósforo disponibilizado poderá ser fortemente adsorvida aos minerais presentes ou podem se combinar com cálcio, magnésio, alumínio e ferro, formando compostos de baixa solubilidade (MATOS, 2010). Parte do efluente final será, então, absorvida e transpirada pela vegetação e a outra sofrerá evaporação através do solo. O restante comporá a solução do tanque ou ficará retido nos interstícios do meio suporte, principalmente no solo.

4.3 Resultados de análise do solo

Os resultados de análise do solo foram representados segundo as diferentes análises feitas dentro e fora da bacia..

4.3.1 Resultados de análise química do solo

As análises de fertilidade do solo dentro e fora da bacia apresentaram os seguintes resultados (Tabela 4, 5 e 6):

Tabela 4 Valores médios para as análises de fertilidade do solo dentro da bacia

| Parâmetros analisados | Valor | Unidade | Classificação segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) | Classificação |
|-----------------------|-------|----------------------|---|---------------|
| pH | 7.5 | | > 7 | Muito alto |
| K | 544 | mg/dm ³ | > 120 | Muito alto |
| P | 74.2 | mg/dm ³ | > 45 | Muito bom |
| Ca | 7.55 | cmol/dm ³ | > 4 | Muito bom |
| Mg | 1.95 | cmol/dm ³ | > 1.5 | Muito bom |
| Al | 0 | cmol/dm ³ | $\leq 0,2$ | Muito baixo |
| H+Al | 0.95 | cmol/dm ³ | ≤ 1 | Muito baixo |
| SB | 10.9 | cmol/dm ³ | > 6 | Muito bom |
| t | 10.9 | cmol/dm ³ | > 9 | Muito bom |
| T | 11.8 | cmol/dm ³ | $8.61 \leq 15$ | Bom |
| V | 91.71 | % | > 80 | Muito bom |
| m | 0 | % | | |
| M.O | 4.11 | dag/kg | > 7 | Muito bom |
| P-rem | 19.96 | mg/L | > 7 | Muito bom |

Tabela 5 Amostras de solo fora da bacia na distância de 1,5 metros

| Parâmetros analisados | Valor | Unidade | Classificação segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) | Classificação |
|------------------------------|--------------|----------------------|--|----------------------|
| pH | 6,7 | | $6,1 \leq 6,5 \leq 7$ | Alto |
| K | 68 | mg/dm ³ | $41 \leq 58 \leq 70$ | Médio |
| P | 66,09 | mg/dm ³ | > 33 | Bom |
| Ca | 5,6 | cmol/dm ³ | > 4 | Muito bom |
| Mg | 1,6 | cmol/dm ³ | $0,21 \leq 1,13 \leq 1,5$ | Bom |
| Al | 0,10 | cmol/dm ³ | $\leq 0,20$ | Muito baixo |
| H+Al | 2,9 | cmol/dm ³ | $2,51 \leq 2,9 \leq 5$ | Médio |
| SB | 7,37 | cmol/dm ³ | > 6 | Muito bom |
| t | 7,47 | cmol/dm ³ | $4,61 \leq 6,4 \leq 8$ | |
| T | 10,27 | cmol/dm ³ | $8,61 \leq 9,2 \leq 15$ | Bom |
| V | 71,8 | % | $60,1 \leq 68,06 \leq 80$ | Bom |
| m | 1,34 | % | | |
| M.O | 4,29 | dag/kg | $4,01 \leq 4,78 \leq 7$ | Bom |
| P-rem | 40,52 | Mg/mL | $> 33 \leq 45$ | Bom |

Tabela 6 Amostras de solo fora da bacia na distância 9 metros

| Parâmetros analisados | Valor | Unidade | Classificação segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) | Classificação |
|------------------------------|--------------|----------------------|--|----------------------|
| pH | 6,3 | | $6,3 \leq 6,5 \leq 7$ | Alto |
| K | 48 | mg/dm ³ | $48 \leq 58 \leq 70$ | Médio |
| P | 19,12 | mg/dm ³ | > 33 | Bom |
| Ca | 4,1 | cmol/dm ³ | > 4 | Muito bom |
| Mg | 1 | cmol/dm ³ | $0,21 \leq 1 \leq 1,5$ | Bom |
| Al | 0,10 | cmol/dm ³ | $\leq 0,20$ | Muito baixo |
| H+Al | 2,9 | cmol/dm ³ | $2,51 \leq 2,9 \leq 5$ | Médio |
| SB | 5,22 | cmol/dm ³ | > 6 | Muito bom |
| t | 5,32 | cmol/dm ³ | $4,61 \leq 5,22 \leq 8$ | |
| T | 8,12 | cmol/dm ³ | $8,12 \leq 15$ | Bom |
| V | 64,32 | % | $60,1 \leq 64,32 \leq 80$ | Bom |
| m | 1,88 | % | | |
| M.O | 5,26 | dag/kg | $4,01 \leq 5,26 \leq 7$ | Bom |
| P-rem | 41,67 | Mg/mL | $> 33 \leq 45$ | Bom |

A interpretação dos resultados da Tabela 5 mostram uma grande elevação do pH e que justifica o aumento de V (índice de saturação de Bases) implicando no aumento dos nutrientes K, P, Ca, Mg, T., M.O, na diminuição do zinco, cobre, ferro, manganês e na falta de boro.

Segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), os valores máximo de pH e dos nutrientes para solo fértil devem ser: de: pH = 6,2; K = 80 mg/mL; P = 8-10 mg/dm³; Ca = 3 cmol/dm³; Mg = 0,9 cmol/dm³ e V = 60%.

Para correção do pH, deve-se aplicar sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄ no solo e via foliar os Zn, Fe, Mn, Cu e B para a aumento desses parâmetros (quais?).

Mesma tendência foi constatada nos resultados da Tabela 6 que são resultados do solo à 1,5 metros fora da bacia. A justificativa para tal fato pode ser a infiltração do efluente no solo causada pela idade da lona que não impermeabiliza mais o sistema.

A amostra da Tabela 6 indicou os resultados menores que os resultados anteriores.

4.3.2 Condutividade Elétrica

Segundo Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999), o valor máximo de condutividade elétrica do solo deve ser 2 ms/cm, acima desse valor o solo apresenta uma troca de cálcio elevada afetando a sua acidez.

A média dos valores de condutividade elétrica para as amostras dentro da bacia foram de 0,63 ms/cm, fora da bacia, a 1,5 metros, de 0,078ms/cm e de 9 metros da bacia 0,084 ms/cm. Observa-se que fora da bacia os valores foram menores, portanto uma característica de um solo mais básico e dentro da bacia um solo mais ácido, entretanto a espécie bananeira do sistema plantado é adequada para essas características de solo.

4.3.3 Análise microbiológicas das frutas, folhas e solo

Nas análises microbiológicas de verificação da presença de coliformes totais, termotolerantes e de *Salmonella* spp., não foram detectados a presença desses micro-organismos, assim não houve contaminação por micro-organismos de origem entérica, no solo, nas folhas ou nos frutos da bananeira.

5 CONCLUSÕES

As análises dos resultados da pesquisa conforme os objetivos permitem as seguintes conclusões:

O sistema construtivo da bacia de evapotranspiração se comparado aos sistemas convencionais e não convencionais de tratamento apresenta vantagens atrativas além do tratamento do efluente como opção de produção de alimentos.

A construção da bacia de evapotranspiração mostrou-se como uma boa alternativa para o reaproveitamento de materiais de construção como entulhos e pneus usados.

Os resultados de análise físico-químicas do efluente indicam que este tem potencial para utilização como biofertilizante do solo.

O aumento dos parâmetros da fertilidade do solo indica a necessidade de monitoramento do funcionamento do sistema para correção dessa fertilidade.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. S. Q. **Banheiro seco**: análise da eficiência de protótipos em funcionamento. 2009. 158 p. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: projeto, construção e operação de sistemas de tanque séptico. Rio de Janeiro, 1993. 15 p.

BELTRADE. **Eaux et assainissement en République Démocratique du Congo**. Quebec, 2011. Disponível em: <<http://oxfam.qc.ca/projets/rdc/eau-assainissement-hygiene-bugobe>>. Acesso em: 12 abr. 2013.

BORGES, A.; SOUZA, L. da S. **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2004. 279 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Transversal**: saneamento básico integrado às comunidades rurais e populações tradicionais: guia do profissional em treinamento nível 2. Brasília, 2009. 88 p.

CHERNICHARO, C. A. de L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuais**: reatores anaeróbios. Belo horizonte: UFMG, 1997. 588 p.

DACACH, N. G. **Saneamento básico**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1979. 314 p.

ESQUEMA de uma fossa séptica com filtro anaeróbico e sumidouro. Disponível em: <<http://www.fazfaci.com.br>>. Acesso em: 15 maio 2013.

FOSSA negra sem manutenção e fossa negra com manutenção. Disponível em: <<http://www.crea-pr.org.br/index.php>>. Acesso em: 12 abr. 2013a.

FOSSA seca. Disponível em: <<http://br.bing.com/images/search?q=imagem+fossa+seca&go=&qs=n&form=QBIR&pq=imagem+fossa+seca&sc=0-0&sp=1&sk=#view=detail&id=5E026DCA48BB49BE46D375ACAE6B1D1A1A9D5FD1&selectedIndex=11>>. Acesso em: 12 abr. 2013b.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 1 ago. 2013.

HYDROCONSEIL. **Les entreprises de vidange mécanique des systèmes d'assainissement autonome dans les grandes villes africaines**. Mauritanie: Burkina Faso, 2010. Disponível em: <<http://www.ecocentro.org/artigo.Do?Ação=pesquisarartigo&artigo.id=37453>>. Acesso em: 31 maio 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2012**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas prediais e industriais**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996. 596 p.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa, MG: UFV, 2010. 95 p. (Caderno Didático, 38).

PAULO, L. P.; BERNARDES, F. S. **Estudo de tanque de evapotranspiração para o tratamento domiciliar de águas negras**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 10 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.).
Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª
aproximação. Viçosa, MG: UFV, 1999. 359 p.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. **Enquête par grappes à indicateur**
multiplex. Disponível em:
<http://www.unicef.org/french/publications/index_25928.html>. Acesso em: 12
Feb. 2013.

VIEIRA, I. **Bacia de evapotranspiração**. Criciúma: Setelombas, 2010.
Disponível em: <<http://www.setelombas.com.br>>. Acesso em: 10 maio 2013.