



CURSO DE AGRONOMIA

**VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE FOSSA SÉPTICA
BIODIGESTORA EM ÁREAS RURAIS**

Feasibility of using biodigester septic tank in rural areas

Alan Christian Fankhauser

DESCALVADO – SP

2019

ALAN CHRISTIAN FANKHAUSER

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA EM ÁREAS RURAIS

Orientador: Dra. Käthery Brennecke

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em Agronomia.

UNIVERSIDADE BRASIL

2019

Frankhauser, Alan Christian

F914v Viabilidade da utilização de fossa séptica biodigestora em áreas rurais / Alan Christian Frankhauser. – Descalvado, 2019.

ix, 34f. : il. ; 29,5cm.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Brasil, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Graduação em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Käthery Brennecke

1. Fossa séptica biodigestora. 2. Saneamento básico rural. 3. Efluente biofertilizante. I. Título.

CDD 628.4

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por guiar meu caminho.

Aos meus pais, Thomas Fankhauser, “In Memoriam”, e Claudia Aparecida Petitto Dias Fankhauser, que formaram meu caráter, incentivaram e me apoiaram por toda minha vida. Obrigado por todo incentivo, amor, compreensão e dedicação.

A minha esposa e companheira Mariana Jordani de Andrade que me apoiou e me incentivou para chegar até aqui.

Sou grato a todos os bons professores que passaram pela minha vida, e deixaram ensinamentos que a cada dia me faz evoluir e me capacita a ser um profissional melhor.

A minha orientadora Professora Doutora Käthery Brennecke que me orientou com dedicação e paciência para que esse trabalho fosse concluído.

E a todos que direta e indiretamente me ajudaram a vencer mais essa etapa de minha vida, em especial aos meus amigos e familiares.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. O Saneamento e sua importância para a saúde humana.....	5
3.2. Legislação para o uso de águas residuárias.	7
3.3. Tratamentos de esgoto na zona rural: Formas de tratamento do esgoto gerado.....	8
3.3.1. Fossa Rudimentar.....	9
3.3.1.1 Caracterização da Fossa Rudimentar.....	9
3.3.2 Fossa Séptica.....	10
3.3.2.1 Caracterização de uma Fossa Séptica.....	12
3.3.3 Fossa Séptica Biodigestora.....	13
3.3.3.1 Caracterização da Fossa Séptica Biodigestora.....	14
3.4 Processo Bioquímico da Fossa Séptica Biodigestora.....	18
3.4.1 Digestão anaeróbia.....	19
3.5. Efluente da Fossa Séptica Biodigestora para uso agrícola.....	20
4. Considerações finais.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de avaliação da qualidade do efluente para utilização na agricultura, Kellner e Pires (1998).)	20
Tabela 2: Parâmetros físico-químicos das amostras de efluente da caixa 3. Fonte: Faustino, Adriana Soares. Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo (2007).	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fossa rudimentar.....	10
Figura 2. Fossa Séptica.....	12
Figura 3. Fossa Séptica Biodigestora.....	16
Figura 4. Válvula de retenção.....	16
Figura 5. Sistema de alívio de gases.....	17

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA EM ÁREAS RURAIS.

RESUMO

Os problemas relacionados a falta de saneamento básico assolam o Brasil desde os tempos mais remotos. Se nas cidades o saneamento parece sempre ser uma questão de segundo plano aos governantes, no campo esse problema é ainda mais velado. Monteiro Lobato já denunciava esse problema em seu personagem Jeca Tatu, aquele caipira preguiçoso e amarelo, que na verdade sofria de amarelão e por isso não tinha ânimo de trabalhar. Mais de um século depois, pouca coisa mudou no tocante ao saneamento rural. A acachapante maioria do destino do esgoto no meio rural é a fossa rudimentar, ou mesmo o lançamento direto em corpos d'água ou no solo, causando assim contaminação ambiental e proliferação de doenças como as que acometiam o personagem de Lobato. O presente trabalho teve o objetivo de caracterizar as formas mais comuns de tratamento de esgoto, por geração antrópica, na zona rural, e demonstrar que uso de um sistema de fossa séptica biodigestora é viável do ponto de vista socio-ambiental e agrônomo no meio rural brasileiro. Foram caracterizadas as principais formas de tratamento de esgoto em áreas rurais, em especial detalhando a viabilidade da implantação de Fossas Sépticas Biodigestoras através de seu sistema de tratamento e do reaproveitamento de seus efluentes de descarte. Embora a fossa rudimentar seja a mais difundida, é também a que mais ocasiona contaminação. A fossa séptica comum apesar de segura quanto a contaminação do solo e lençóis freáticos, tem como subproduto um lodo muito contaminante. A fossa séptica biodigestora, além de não causar contaminação ambiental ainda produz um efluente seguro quanto ao descarte e rico em nutrientes, principalmente nitrogênio, podendo dessa maneira ser utilizado como biofertilizante. Dessa maneira a Fossa Séptica Biodigestora vem como uma solução inovadora usando uma tecnologia simples e barata.

Palavras chaves: Fossa Séptica Biodigestora, Saneamento básico rural, Efluente biofertilizante.

Feasibility of using biodigester septic tank in rural areas.

ABSTRACT

Problems related to the lack of basic sanitation have plagued Brazil since the most ancient times. While in the cities sanitation always seems to be in a second plan for the government, in the countryside the problem is even more veiled. Monteiro Lobato had already reported this problem through one of his main characters, Jeca Tatú, a lazy and pale countryman, who actually suffered from yellowing and therefore did not have the heart to work. More than a century later, very few things have changed concerning the rural sanitation. The overwhelming majority of rural sewage fate is either the rudimentary cesspit or even the direct sewage release into bodies of water or soil, which causes both environmental contamination and proliferation of diseases such as that affecting Lobato's character. The current work has aimed characterizing the most common ways of sewage treating by anthropogenic generation in rural areas and demonstrating that the use of a biodigester septic tank system is viable from the socio-environmental and agronomic point of view in the Brazilian countryside. The main ways of sewage treating have been characterized in rural areas, specially bringing up details of the feasibility to implement Biodigesters Septic Tanks through their treatment system and the reuse of their wastewater as well. Although the rudimentary cesspit is the most used, it is also the one that most may cause contamination. Concerning the soil and the groundwater contamination the common Septic tank, in spite of being safe, has a very contaminating sludge as its by-product. The Biodigesters septic tank, besides not causing environmental contamination, produces a safe waste disposal, which is rich in nutrients, especially nitrogen, and can thus be used as biofertilizer. In this way the Biodigester Septic Tank comes up as an innovative solution using simple and inexpensive technology.

Key words: Biodigester Septic Tank, Rural Basic Sanitation, Biofertilizer Effluent.

1. Introdução

No Brasil a vocação agrícola é uma tradição. Em 2018 o agronegócio foi responsável por 21,1% do PIB brasileiro, segundo o centro de estudos avançados em economia aplicada e a Confederação da agricultura e pecuária do Brasil (Cepea/CNA, 2019). O Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), existem no Brasil cerca de 29,9 milhões de pessoas residindo em localidades rurais totalizando, aproximadamente, 8,1 milhões de domicílios.

Dos estabelecimentos rurais, 70% tem área entre 1 e 50 hectares (IBGE, 2017), e esses estabelecimentos geralmente são unidades familiares e voltadas para a agricultura familiar. O território rural brasileiro representa, segundo a publicação *Visão 2030 – O Futuro da Agricultura Brasileira* (2018), 63,8% do total, enquanto que as cidades representam apenas 3,5%. Neste sentido o saneamento básico, já muito deficitário nos centros urbanos, se mostra um problema ainda mais grave no campo.

Os serviços de saneamento prestados à população da zona rural apresentam elevado déficit de cobertura, onde apenas 5,1% dos domicílios estão ligados à rede de coleta de esgotos, 2,7% utilizam a fossa séptica ligada a rede coletora e 23,5% fossa séptica não ligada a rede coletora como solução para o tratamento dos dejetos. Os demais domicílios (68,7%) depositam os dejetos em “fossas rudimentares”, lançam em cursos d’água ou diretamente no solo a céu aberto como mostra a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/2014).

A falta de saneamento, além de contribuir para disseminação de doenças, causa um grave problema para a qualidade da água, pois a descarga, sem nenhum tratamento, de esgoto domiciliar em rios e represas ou mesmo diretamente no solo pode contaminar essas fontes de água.

Em 2017 o país lançou cerca de 14 milhões de metros cúbicos de esgoto não tratado na natureza (Ranking do Saneamento 2019 – Instituto Trata Brasil). A contaminação de corpos d’água pode trazer imenso prejuízo ao setor agrícola

brasileiro, principalmente aos pequenos produtores, que dependem fundamentalmente da água de pequenos rios, nascentes e poços.

O Brasil, apesar de possuir reservas hídricas correspondentes a cerca de 12% de todo o recurso de águas doce disponíveis no planeta como mostra a FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, (2010), também vem sofrendo problemas de escassez.

Além de regiões onde esse problema é sistêmico, como no sertão nordestino, periodicamente o país tem passado por crises de abastecimento, principalmente nos grandes centros urbanos (NOVAES, 2006). Segundo a Unicef (Fundo das Nações Unidas para a Infância) (2015), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável.

No entanto, a manutenção da qualidade da água, e sua qualidade, está diretamente ligada a correta destinação do esgoto doméstico, e em um universo complexo e extenso, como a zona rural brasileira a elaboração de redes de coleta e tratamento é inviável, e nessas regiões a única opção é o tratamento desses dejetos na propriedade.

Existem resoluções no Brasil que abordam a questão da água na zona urbana e na zona rural. Apesar de tratar sobre a qualidade do efluente a ser lançado em corpos d'água, nenhuma dessas resoluções tratam da reutilização da água como uma fonte para a agricultura, no entanto existem ações no Brasil por meio de pesquisas, realizadas principalmente por universidades, que dão uma base para regulamentar leis para o reuso no país (ALMEIDA, 2011), apontam que, para as condições brasileiras, a reciclagem agrícola de esgoto apresenta vários aspectos positivos em função da influência de um clima tropical, que expõe o solo à intensa atividade intempérica, proporcionando uma rápida mineralização da matéria orgânica.

Na zona rural brasileira, além da rede coletora, existem também o uso de fossa séptica, ligada ou não à rede de esgoto, as fossas rudimentares, as fossas biodigestoras e o lançamento direto de dejetos diretamente no solo ou em corpos hídricos (IBGE, 2011). O mais comum é a fossa rudimentar, que serve 48% da população rural do país, a qual, juntamente com outros métodos e com a não coleta/tratamento, corresponde ao percentual da população rural não assistida com coleta adequada do esgoto.

Diante do exposto justifica-se uma pesquisa que aponte quais as alternativas de tratamento de esgoto em zona rural, e identifique a mais adequada do ponto de vista social e ambiental.

2. Objetivo

A presente pesquisa tem por objetivo caracterizar as formas mais comuns de tratamento de esgoto, por geração antrópica, na zona rural, e demonstrar que uso de um sistema de fossa séptica biodigestora é viável do ponto de vista socio-ambiental e agrônômico no meio rural brasileiro.

Trata-se de um trabalho de natureza qualitativa, onde se utilizou como procedimento metodológico a revisão bibliográfica de estudos existentes na área.

3. Revisão bibliográfica

3.1 O Saneamento e sua importância para a saúde humana

Segundo Cavinatto (1992), desde a antiguidade o homem aprendeu intuitivamente que a água poluída por dejetos e resíduos podia transmitir doenças. Há exemplo de civilizações, como a grega e a romana, que desenvolveram técnicas avançadas para a época, de tratamento e distribuição da água.

A descoberta de que seres microscópicos eram responsáveis por doenças só ocorreu séculos mais tarde por volta de 1850, com as pesquisas realizadas por Pasteur e outros cientistas (CAVINATTO, 1992). A partir de então descobriu-se que mesmo solos e águas aparentemente limpos podiam conter organismos patogênicos introduzidos por material contaminado ou fezes de pessoas doentes (CAVINATTO, 1992).

Cavinatto (1992) comenta que evitar a disseminação de doenças veiculadas por detritos na forma de esgotos e lixo é uma das principais funções do saneamento básico. Os profissionais que atuam nesta área são também responsáveis pelo fornecimento e qualidade das águas que abastecem as populações.

A maioria dos microrganismos existentes na natureza são de vida livre e apenas uma pequena porcentagem é capaz de causar doenças ao ser humano, pois dependem de outro ser vivo para sobreviver, parasitando um hospedeiro e assim originando as doenças. Segundo Cavinatto (1992), os parasitas se proliferam em determinados órgãos do corpo, perturbando o funcionamento normal do organismo. A forma mais adequada de evitar grande parte de tais doenças é cuidando da higiene, da limpeza do ambiente e da alimentação e uma das formas de fazê-lo é através do saneamento.

O saneamento inclui um conjunto de atividades relacionadas ao tratamento de água e esgoto, coleta de lixo e práticas de higiene (COSTA, 2014).

As diferenças nas condições da coleta de esgoto na área rural são ressaltadas quando observamos as diferentes regiões do país. Em 2009, enquanto nas regiões sul e sudeste com 48 e 34% da população rural, respectivamente, teve acesso à rede coletora de esgoto, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentaram, respectivamente, 24, 16 e 9% do esgoto coletado (IBGE, 2011). Segundo o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) (UNICEF/WHO, 2010), os percentuais observados na área rural dessas últimas regiões do país citadas são comparáveis aos de países da África subsaariana.

A falta de tratamento do esgoto sanitário doméstico traz várias consequências negativas para a sociedade, da qual, a saúde é citada como a principal variável impactada pelas condições sanitárias da população. Nesse contexto, a consequência da falta de tratamento de esgoto, seja rural ou urbano, ocasiona diversas doenças, denominadas doenças feco-orais, que têm como marco principal as doenças diarreicas (BALTAZAR *et al.*, 1988; ESREY *et al.*, 1991).

Além disso, cerca de 90% das mortes por diarreia são atribuídas às más condições sanitárias, como água, esgoto e higiene (UNICEF/WHO, 2010). A diarreia foi também a maior causa de doenças no mundo em 2004, atingindo 4.620,4 milhões de pessoas, e levando a morte 2,16 milhões de pessoas, ou seja, uma morte para cada 199 pessoas infectadas. No Brasil, o número de mortes causadas por diarreias no ano de 2004 foi de 28.900 pessoas (WHO, 2008).

Esse tipo de contaminação ambiental por dejetos humanos pode ainda proliferar febre tifoide, febre paratifoide, amebíase, ancilostomíase, diarreia infecciosa, esquistossomose, teníase e hepatite A (CAVINATO, 2007). Outras grandes fontes de doenças no mundo seguem de longe com: 429,2 milhões de pessoas com infecções respiratórias; 241,3 milhões com malária e 9 milhões com dengue.

3.2 Legislação para o uso de águas residuárias

Os recursos hídricos pertencentes ao território brasileiro são regidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, com a resolução CONAMA n°430/11 (CONAMA, 2011), que alterou as de n°20/86 e n°353/05. A resolução atual visa a correta utilização desse recurso e dita condições de lançamentos de efluentes nos cursos d'água. No entanto, o Brasil não possui uma legislação vigente que regulamente o uso do efluente tratado no país (LIMA, 2015).

Os primeiros avanços quanto ao uso da água no país, aconteceram somente em 1934, com a criação do Código das Águas, onde determinou-se que para ser feito um desvio em um corpo hídrico era necessário a autorização por outorga, e a classificação das águas do território nacional; no entanto, a água ainda era tratada com um bem inesgotável (CUNHA, 2008).

Com o passar dos anos, houve um avanço quanto aos aspectos de proteção ambiental. Em 1965 foi criado o primeiro código florestal com a determinação de áreas de preservação permanentes (APPs) para corpos hídricos; no entanto, a questão do reuso da água já avançava no mundo, diferente do que acontecia no Brasil (ALMEIDA, 2011).

Somente em 1981, com a criação do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), é que iniciou-se uma atenção quanto ao reuso da água no Brasil. Em 1986, através do lançamento da resolução n° 20 do CONAMA (CONAMA, 1986), classificou-se a água em doce, salobra e salina, e definiram-se parâmetros para lançamentos de efluente em corpos hídricos. Posteriormente, em 2005 a resolução de n° 20 foi substituída pela resolução n° 357 do CONAMA (CONAMA, 2005), também classificando a água e a qualidade do efluente para o lançamento em corpos hídricos. Em 2008 foi lançada a resolução n° 396, que trata sobre a deposição de água em corpos hídricos subterrâneos, além da qualidade do efluente para deposição em lençóis freáticos (CONAMA, 2008).

A última resolução que trata sobre efluente tratado foi lançada em 2011, a de n° 430 (CONAMA, 2011), a qual complementa a resolução n° 357.

3.3 Tratamentos de esgoto na zona rural: Formas de tratamento do esgoto gerado

Existem dois tipos básicos de sistemas de esgotamento sanitário: sistema individual ou estático e os sistemas coletivos ou dinâmicos. Os sistemas coletivos são utilizados em locais com alta densidade populacional, ou seja, em centros urbanos (CHERNICHARO, 1997).

Os sistemas individuais sugerem a solução no local, sendo, portanto, mais adequado para utilização unifamiliar ou ainda em pequenos centros de tratamento. Este sistema pressupõe o tratamento de esgotos em fossas ou tanques sépticos (SANTOS, 2004).

As fossas rudimentares, embora não sejam um sistema de tratamento e sim de deposição são as mais utilizadas (FUNASA, 2015). São também conhecidas como fossas negras ou fossas caipiras e podem ser definidas como um poço ou buraco escavado no solo, sem impermeabilização ou com impermeabilização parcial, onde é feita a disposição do esgoto bruto conduzido por veiculação hídrica (FUNASA, 2015)

A fossa séptica é a tecnologia de tratamento mais utilizada no Brasil, e são definidos como reatores anaeróbios cuja função é reter e digerir os sólidos sedimentáveis e flutuantes. A sua simplicidade construtiva e a facilidade de manutenção tornam essa a tecnologia individual a mais comum no mundo (MASSOUD, 2009).

No Brasil, esse sistema é normatizado pela NBR 7229/1993 (ABNT, 1993) e pode estar ligado a uma rede de tratamento coletivo. Geralmente essa situação é rara, e ocorre, segundo Massoud et. al. (2009), quando a disponibilização da rede de esgoto é posterior a construção da fossa séptica, como no caso de áreas rurais que se tornam áreas de expansão urbana.

A fossa séptica biodigestor é um tecnologia limpa e prática, pois através de reações anaeróbias trata o esgoto proveniente dos vasos sanitários, transformando os dejetos em um líquido final e estável, que pode ser depositado diretamente no solo ou em corpos d'água (NOVAES, 2002).

3.3.1 Fossa Rudimentar

As fossas rudimentares, também conhecidas como fossas negras, foram as primeiras formas de saneamento básico desenvolvida pelo homem na tentativa de afastar de si os problemas de saúde e desconforto causados pela presença de contaminantes de seus dejetos. E, uma forma de evitar o lançamento direto de esgotos em rios, lagos ou mesmo diretamente na superfície do solo (ALEM SOBRINHO 2001).

Apesar do lançamento de dejetos nessa forma não ser direto, ela causa a contaminação das águas subterrâneas devido a infiltração desses dejetos, uma vez que não existe nenhum tipo de vedação (NOVAES, 2006).

Vieira, et al (2012), comentam que, com as águas subterrâneas contaminadas, e seu consumo sem tratamento prévio adequado, podem torná-la um veículo de germes patogênicos geradores de doenças, principalmente intestinais.

Devido ao baixo custo, as facilidades no método construtivo e a falta de informação das populações rurais quanto aos prejuízos causados eventualmente causados por essa escolha de fossa, bem como a falta de conhecimento quanto a outros métodos, ainda à fazem ser a mais utilizada na zona rural.

Faustino (2007) comenta que a fossa rudimentar, também chamada de fossa negra, são as principais vias de contaminação das águas subterrâneas, devido ser apenas uma escavação sem revestimentos, as atividades microbianas infiltram na parede da fossa.

Em algumas regiões do país, como por exemplo em Minas Gerais, é restrito o uso de fossa rudimentar pelo seu potencial poluidor. Essa restrição, nesse caso, é dada pelo Decreto n. 45097 de 12 de maio de 2009, onde é recomendado aos moradores a construção de fossa séptica.

3.3.1.1 Caracterização da Fossa Rudimentar

A fossa rudimentar se caracteriza por um buraco cavado diretamente no solo, sem revestimento impermeabilizante, que recebe os dejetos dos banheiros. Nessas fossas, as fezes e urina ficam depositadas, e geralmente não se tem a

necessidade de realizar a retirada desses dejetos, contudo isso depende unicamente do tipo de solo, sendo que em solos mais porosos a absorção desses dejetos é mais rápida. O local da fossa torna-se um ambiente favorável a insetos, bactérias e protozoários (MORÃES, et. al. 2014).

Além disso esses dejetos infiltram-se no solo, contaminando o lençol freático, e dessa forma, também, os poços e outras fontes de água, utilizadas na propriedade e propriedades vizinhas (Coleção Senar, 226), conforme ilustrado na figura 1.



FIGURA 1: Fossa rudimentar.

FONTE: COLEÇÃO SENAR Nº 226

3.3.2 Fossa Séptica

A fossa séptica é um método de tratamento individual de esgotos, utilizada por comunidades que dispõem de consumo relativamente pequeno de água e empregadas em áreas onde a rede coletora pública de esgoto se faz ausente (JORDÃO, 2005).

As fossas sépticas são reatores biológicos anaeróbios, em que acontecem reações químicas com a intervenção de microrganismos, que participam ativamente da redução de matéria orgânica. Nessas fossas, o esgoto é tratado em ambiente anaeróbio, e a resultante dessa decomposição é uma biomassa anaeróbia (lodo anaeróbio) e formação de biogás, o qual é composto

basicamente por metano e gás carbônico (ÁVILA, 2005). Os sistemas precisam ser projetados de modo completo, incluindo o destino final para efluente e lodo.

Tonetti et. al. (2018), indica que a destinação final do efluente oriundo de fossa séptica pode ser tanto o sumidouro, no caso de localidades isoladas, como a rede local de coleta de esgoto, no caso de áreas rurais em locais de expansão urbana.

Segundo ANDRADE NETO (1997), as fossas sépticas têm eficiência estabelecida entre 40% e 70% na retirada de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), e 50% a 80% na retirada de Sólidos Suspensos Totais (SST). Essa eficiência depende de diversos aspectos: carga hidráulica, carga orgânica volumétrica, geometria, arranjo das câmaras, temperatura e condições de operação. A construção é muito simples, mas na maioria dos casos é elaborada com descaso. Apresentando também a falta de observação quanto aos intervalos de limpeza, assim o lodo só é removido quando a fossa já apresenta problemas.

Mesmo após o tratamento parcial ocorrido na fossa séptica o lodo ainda possui potencial poluidor e contaminante devido a presença de organismos patogênicos. Isso constitui um grave problema sanitário, uma vez que possibilita a contaminação humana por via direta (contato direto com o lodo) e indireta, através de vetores biológicos (moscas, mosquitos, etc.) e alimentos contaminados (PEREIRA NETO & LELIS, 2001).

A ABNT (1993) recomenda que, em nenhuma circunstância, seja feito o descarte dos lodos de fossa em corpos d'água ou em galerias de águas pluviais. Essa recomendação deve-se ao risco ambiental e sanitário que sua composição oferece.

Segundo Souza (1998), os valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), são relativamente altos para os lodos de fossa, além de oferecerem risco por doenças de veiculação hídrica, devido a alta carga de coliformes fecais.

Na utilização agrícola, os principais riscos referem-se a questão dos metais pesados, aspectos sanitários, micropoluentes orgânicos e nitrogênio. Tanto os metais quanto os agentes patogênicos como ovos de helmintos, esporos de fungos e colônias de bactérias tendem a co-precipitar com o esgoto e se concentrar no lodo (LARA, 1999).

3.3.2.1 Caracterização de uma Fossa Séptica

Fossas Sépticas podem ser executadas tanto em concreto armado como em peças pré-fabricadas. Contanto que suas dimensões atendam de maneira satisfatória a vazão afluyente e o armazenamento de lodo, e que ainda permita manutenção econômica, fácil e segura (BORGES, 2009).

O tanque séptico pode ser construído com anéis de concreto de alvenaria, ou qualquer outro material que garanta a impermeabilização das paredes e fundo, com uma profundidade interna de pelo menos 1,50 m. O esgoto entra pela parte superior do tanque séptico e fica retido em seu interior por um período de 12 a 24 horas. Esse tempo é definido principalmente em função das características e do volume diário do esgoto de entrada. Durante esse período ocorre a sedimentação de até 70% de suas partículas em suspensão, formando o lodo (TRATA BRASIL, 2016).

Segundo Tonetti et. al. (2018), os sólidos não sedimentáveis, principalmente óleos e gorduras, também ficam retidos no interior do tanque, porém na superfície do líquido, recebendo o nome de espuma. A matéria orgânica do esgoto é degradada pelos micro-organismos presentes no lodo depositado no fundo do tanque séptico. Desse modo, a tubulação de entrada na unidade deve ter um “T” que permita a condução do esgoto direto para o fundo para que ele entre em contato com esse lodo, como mostra a figura 2.

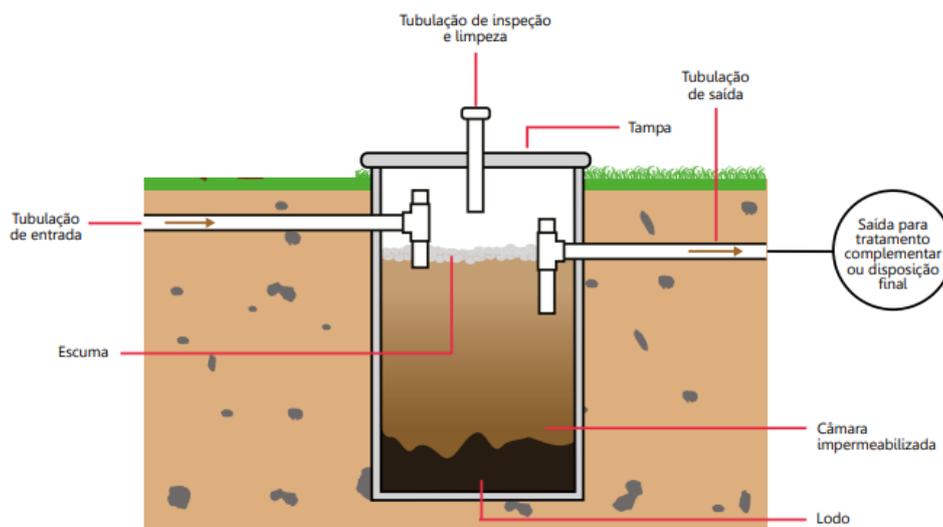


Figura 2: Fossa Séptica

Fonte: TONETTI (2018)

É determinante lembrar que a fossa séptica não purifica os esgotos, somente diminui sua carga orgânica a um grau de tratamento admissível, sendo assim, seu efluente, ainda envolve elevadas quantidades de organismos patogênicos, nutrientes inorgânicos e sólidos, os quais são transportados junto com o produto solúvel proveniente da decomposição do lodo. Com tais características, o tratamento de esgoto por fossa séptica gera efluente de qualidade regular, que pode necessitar de um pós-tratamento complementar e disposição final do efluente, em virtude da necessidade do saneamento básico no local de aplicação do sistema (ÁVILA, 2005).

3.3.3 Fossa Séptica Biodigestora

Fossa Séptica Biodigestora é um sistema desenvolvido pela Embrapa Instrumentação Agropecuária e apresenta-se como uma forma de viabilizar o tratamento de esgoto doméstico em áreas rurais, onde a população faz uso de fossas rudimentares não possuindo qualquer tipo de captação ou tratamento do esgoto doméstico. É um sistema simples e de baixo custo para a população rural (NOVAES et al., 2002).

O sistema de fossa biodigestora contribui para a viabilização do tratamento de esgoto doméstico e conseqüente produção de efluentes desinfetados. Consiste em um tratamento biológico do esgoto por ação de digestão fermentativa, utilizando-se de esterco bovino como meio inoculante de bactérias (SILVA, 2012).

O sistema baseia-se no processo de biodigestão de resíduos orgânicos (proteínas, carboidratos, lipídeos) através da sua decomposição anaeróbia por bactérias (BOLZONELLA et al., 2005) produzindo resíduos desinfetados, evitando dessa forma, a proliferação de doenças veiculadas pela água poluída por esgoto doméstico (NOVAES et al., 2002).

Esse resíduo desinfetado, chamado efluente, apresenta potencial fertilizante, e vem sendo indicado no preparo de solos e na adubação, apresentando efeito comparável ao da adubação química inorgânica à base de nitrogênio, fósforo e potássio, a um custo praticamente zero. O retorno ao solo desse líquido deve ser priorizado, pois transforma um resíduo de disposição com

características poluentes e depreciativas a saúde humana em fertilizante para as plantas. (NOVAES et al., 2002).

Sgundo Lotfi (2016), a fossa séptica biodigestora desenvolvida pela EMBRAPA adquire importância tanto por dar destinação correta e segura ao esgoto doméstico, quanto por promover a reciclagem segura das águas e dos nutrientes que passam pelo seu tratamento, podendo assim o efluente final ser utilizado como fertilizante.

Além disso, Bresolin (2016) sugere que o biofertilizante pode ser utilizado como substituto da adubação química, pois além de manter as propriedades microbianas do solo, ele também melhora a atividade enzimática.

Esgotos sanitários representam uma fonte potencial de água e nutrientes, porém o manejo-chave se encontra no balanço adequado entre a demanda de água e de nutrientes das plantas, além da observação aos problemas potenciais de salinidade, sodicidade e toxicidade (BASTOS et al., 2005)

3.3.3.1 Caracterização da Fossa Séptica Biodigestora

O sistema da Fossa Séptica Biodigestora é composto por duas caixas de fibra de vidro de 1000 L cada, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário, uma vez que a água do banheiro e da pia não têm potencial patogênico e sabão ou detergente tem propriedades antibióticas que inibem o processo de biodigestão, e a uma terceira de 1000 L, que serve para coleta do efluente, que pode ser aproveitado como adubo orgânico (NOVAES, et. al., 2002).

As tampas das caixas devem ser vedadas com borracha e unidas entre si por tubos e conexões de PVC de 4", com curva de 90º longa no interior das caixas e "T" de inspeção para o caso de entupimento do sistema. Os tubos e conexões devem ser vedados na junção com a caixa com cola de silicone e o sistema deve ficar enterrado para manter o isolamento térmico, afim de se evitar problemas no processo fermentativo. Inicialmente, a primeira caixa deve ser preenchida com aproximadamente 20 litros de uma mistura 1:1 de água e esterco bovino fresco.

O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e conseqüentemente a eficiência da biodigestão, devendo ser repetido a cada 30 dias com 10 litros da mistura água / esterco através da válvula de retenção. O

esterco bovino atua em simbiose na degradação dos substratos encontrados nas fezes humanas (carboidratos, proteínas, gorduras entre outros). O sistema possui duas chaminés de alívio colocadas sobre as duas primeiras caixas para descarga do gás acumulado (CH₄). A coleta do efluente é feita através da terceira caixa (NOVAES, et. al., 2002).

As tampas devem ser perfeitamente encaixadas às bordas das caixas d'água para evitar seu deslocamento por ação de vento e de chuva e, com isso, troca de gases com o ambiente (entrada de oxigênio, o que seria prejudicial ao processo de fermentação), e entrada de insetos. Porém não há necessidade de que a terceira caixa seja permanentemente vedada, o que dificultaria a retirada do adubo (GALINDO, et. al., 2010).

As tampas devem ainda ser pintadas de preto, assim a temperatura ajuda nas reações fermentativas. A temperatura ideal para o processo fermentativo é de 36°C, devido à presença de bactérias mesofílicas provenientes do esterco bovino. Estas bactérias são responsáveis pela degradação da biomassa e apresentam atividade a partir dos 15°C, mas com eficiência entre 30° e 37°C (GALINDO, et. al., 2010).

Deve-se considerar ainda uma ligeira declividade, entre um e dois graus, entre as caixas (GALINDO, et. al., 2010). A distância entre o vaso sanitário e a entrada do sistema não deve ter uma distância maior que 30 metros, uma vez que o processo fermentativo poderia se iniciar na tubulação, antes da primeira caixa, o que poderia causar mal cheiro (GALINDO, et. al., 2010). A figura 3 ilustra em detalhes a caracterização de uma fossa séptica biodigestor, conforme descrito.

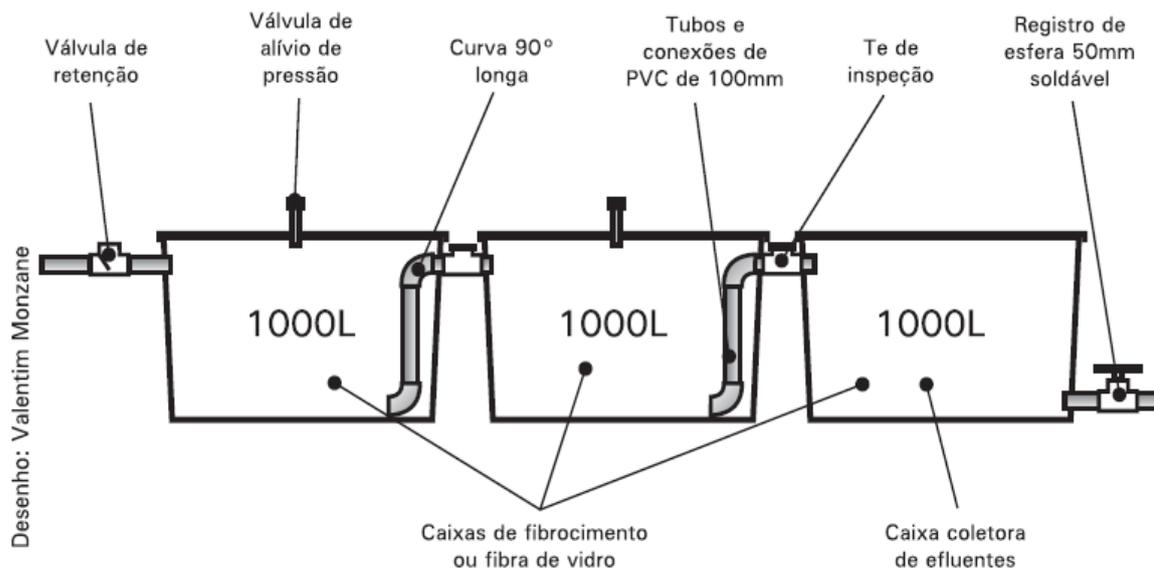


FIGURA 3: Fossa Séptica Biodigestora

FONTE: GALINDO, 2010.

O sistema consta ainda de duas chaminés de alívio, colocadas sobre as duas primeiras caixas para a descarga do gás acumulado (CH₄) (NOVAES et. ai., 2002) e com uma válvula de retenção é um equipamento instalado antes da primeira caixa do sistema e tem como função evitar refluxos de esgoto.

A figura 4 ilustra a válvula de retenção e a figura 5 ilustra o sistema de alívio.

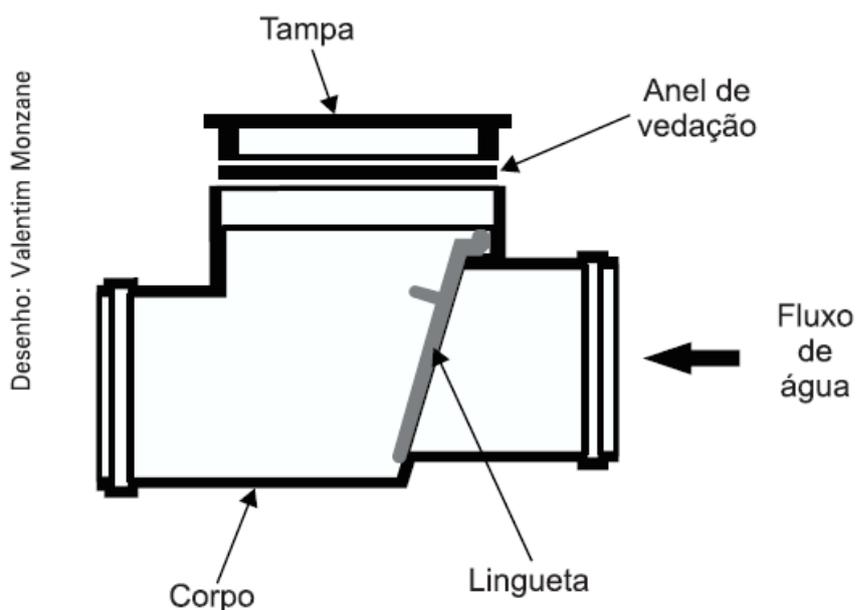


FIGURA 4: Válvula de retenção

FONTE: GALINDO, 2010



FIGURA 5: Sistema de alívio de gases

FONTE: GALINDO 2010.

Segundo Novaes et al. (2006) em média uma família é composta por 5 pessoas, e ao utilizar o vaso sanitário para descarga utiliza-se aproximadamente 10 L de água, isso resulta aproximadamente em 50 L de água/resíduos por dia lançados nas caixas biodigestoras, dando um total de 1500 L/mês.

Neste contexto, a Fossa Séptica Biodigestora foi dimensionada para que os dejetos depositados nas caixas fermentem por no mínimo 25 dias (NOVAES et. al., 2002), período suficiente para uma completa biodigestão.

Caso houver um dimensionamento menor do que o caracterizado acima, os dejetos poderão fermentar por menos tempo e a biodigestão não será completa. (GALINDO, N. et. al., 2010). Poderá ocorrer também grande variação de temperatura do sistema, devido ao seu menor volume. (NOVAES, et. al., 2002).

Uma outra consideração a ser efetuada é se na residência a população for menor que 5 pessoas, e nesse caso as dimensões originais devem ser mantidas, uma vez que quanto maior o tempo de permanência do esgoto no sistema, melhor será a descontaminação e a qualidade final do efluente (GALINDO, N. et. al., 2010).

3.4 Processo Bioquímico da Fossa Séptica Biodigestora

Os processos usados em tratamentos de esgoto, microrganismos utilizam a matéria orgânica biodegradável em um reator biológico para obtenção de energia para as suas atividades e como fonte de matéria prima para a sua reprodução. Nestes processos, duas reações principais ocorrem, a de respiração, em que os microrganismos utilizam a matéria orgânica para a obtenção de energia, gerando os chamados produtos finais da respiração (CO_2 e H_2O) e a reação de síntese e reprodução em que a matéria orgânica é utilizada como matéria prima para a reprodução dos microrganismos. Ainda pode-se considerar que na falta de uma fonte externa de matéria orgânica, os microrganismos consomem matéria orgânica de sua própria composição, através de uma reação denominada respiração endógena (SILVA et al, 2017).

No processo biológico, as reações de respiração podem ser pela via aeróbia, quando os microrganismos utilizam oxigênio dissolvido (OD) para converter a matéria orgânica biodegradável em dióxido de carbono e água. Na ausência de OD, porém com a presença de nitrato (N-NO_3), em uma condição denominada anóxica, este pode ser utilizado em substituição ao OD para a reação de respiração, resultando também, como produtos finais da respiração dióxido de carbono e água e liberação de N-gasoso, em uma reação denominada de desnitrificação. Na ausência de OD e de N-NO_3 , a reação de respiração é anaeróbia e tem como produtos finais dióxidos de carbono e gás metano (ALEM SOBRINHO, 2001).

O sistema de fossa biodigestora contribui para a viabilização do tratamento de esgoto doméstico e conseqüente produção de efluentes desinfetados. Consiste em um tratamento biológico do esgoto por ação de digestão fermentativa, utilizando-se de esterco bovino como meio inoculante de bactérias. O sistema baseia-se no processo de biodigestão de resíduos orgânicos (proteínas, carboidratos, lipídeos) através da sua decomposição anaeróbia por bactérias (BOLZONELLA et al., 2005) produzindo resíduos desinfetados, evitando dessa forma, a proliferação de doenças veiculadas pela água poluída por esgoto doméstico (NOVAES et al., 2002).

3.4.1 Digestão anaeróbia

O processo de digestão caracteriza-se pela estabilização da matéria orgânica em ambiente livre de oxigênio molecular. Devido à robustez e alta eficiência, a digestão anaeróbia está presente desde em simples fossas sépticas domésticas até em estações completamente automatizadas servindo a grandes regiões metropolitanas (FAUSTINO, 2007).

Dentre os objetivos do processo anaeróbio estão as seguintes funções:

- redução substancial dos sólidos voláteis;
- redução significativa dos organismos patogênicos;
- estabilização de substâncias instáveis presentes no esgoto.

O processo anaeróbio ocorre basicamente em seis estágios principais (JEYASEELAN, 1997):

1) Hidrólise de biopolímeros orgânicos complexos (proteínas, carboidratos e lipídeos) em monômeros (aminoácidos, açúcares e ácidos graxos de cadeia longa) por bactérias hidrolíticas;

2) Fermentação de aminoácidos e açúcares por bactérias hidrolíticas;

3) Oxidação anaeróbia de ácidos graxos voláteis e álcoois pelas bactérias heteroacetogênicas;

4) Oxidação anaeróbia de produtos intermediários tais como ácidos graxos voláteis pelas bactérias heteroacetogênicas;

5) Conversão de hidrogênio a metano pelas bactérias metanogênicas utilizando hidrogênio e dióxido de carbono;

6) Conversão de acetato a metano pelas bactérias metanogênicas utilizando acetato;

Após o processo bioquímico, o efluente gerado pode ser disposto em solo. Dentre os principais sistemas de disposição de águas residuárias no solo, a irrigação de culturas tem sido o método mais acessível e eficiente, particularmente, nos países em desenvolvimento onde não há uma política para o custo de tratamento das águas residuárias (FRIEDEL et al., 2000).

3.5 Efluente da Fossa Séptica Biodigestora para uso agrícola

Para a utilização do efluente tratado na agricultura, deve ser levado em consideração a textura do solo ao qual será aplicado e a cultura que será utilizada (D' Castro Filho, 2005).

A tabela 1, proposta por Kellner e Pires (1998), avalia parâmetros da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes. O efluente tratado é dividido em quatro grupos conforme a sua utilização, e cada um contém um risco de contaminação.

Tabela 1 – Parâmetros de avaliação da qualidade do efluente para utilização na agricultura

Métodos de reuso	DBO (mg L ⁻¹)	Coliformes
		Termotolerantes (CF/100 mL)
Irrigação de árvores, algodão e outras colheitas não comestíveis.	60	50.000
Irrigação de citricultura, forragens e castanhas.	45	10.000
Irrigação de cana-de-açúcar, campos de esporte e vegetais que não necessitam de cozimento.	35	1.000
Irrigação não restrita, incluindo parques e jardins.	25	100

DBO=Demanda Bioquímica de Oxigênio; CF=Coliformes Termotolerantes

Fonte: Kellner e Pires (1998).

O valor da DBO é muito importante na avaliação da qualidade do efluente, sendo um dos principais requisitos para ser tomada a decisão se uma água residuária pode ser descarregada em um corpo hídrico.

Segundo resolução do CONAMA nº 430/11, o limite da DBO para deposição de efluente tratado em corpos d'água é de 120 mg.L^{-1} (CONAMA, 2011). Os coliformes totais/fecais, atuam como indicadores de qualidade de águas, sendo expressos em densidade, ou seja, como o "número mais provável (NMP) em cada 100 mL".

Para análises microbiológicas do efluente, NOVAES, 2002, mensalmente retirou amostras na 3ª caixa e realizou-se a contagem dos coliformes totais e fecais através da técnica de fermentação em tubos múltiplos, também chamada técnica do Número Mais Provável (NMP/100 mL) (Cetesb, 1997).

Tais análises revelaram que o número de coliformes totais foram 1100/100 mL em todas as análises. Quanto aos fecais foi de 3/100 mL nos dois primeiros meses e ausente nos subsequentes.

O efluente pode ser aplicado no solo, fornecendo água e nutrientes para a cultura (FAUSTINO, 2007), pois uma fração do líquido evapora, outra infiltra ao longo do perfil de solo e parte é absorvida pelas plantas.

E, podem ser aplicados ao solo de diversas formas, tais como: aspersores, valas, canais, alagamentos entre outros. Para saber a quantidade de nutrientes que se deve disponibilizar para a planta (adubação), deve-se necessariamente saber o tipo de planta que se quer produzir, o substrato que a planta está fixada, os nutrientes que este substrato contém além da quantidade de produção que se quer obter, entre outros (RAIJ, 1997).

A reutilização do efluente do tratamento da fossa séptica biodigestora pode ser denominado de biofertilizante (BRESOLIN, 2017), e pode ser empregado para suprir a necessidade requerida por diversos tipos de plantas, por ser rico em nutrientes, tais como cálcio, magnésio, fósforo, enxofre, potássio e principalmente nitrogênio (FAUSTINO, 2007).

Alguns casos demonstraram os benefícios do emprego deste artifício para melhorar a produção vegetal, principalmente em pequenas propriedades rurais, o que potencialmente diminui a necessidade da utilização de adubação química sintética, minimizando o gasto do agricultor na compra de insumos (FUNDAÇÃO BANCO DO BRASIL, 2010).

Em análises químicas desenvolvidas por Faustino (2007), mostram que o efluente sai em condições aptas para ser usado como fertilizante, conforme demonstrado na tabela 2, onde observa-se que o processo de biodigestão ao longo das caixas do sistema da fossa séptica biodigestora gera efluente, de caráter alcalino, com valores de pH superiores a 7,70

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos das amostras de efluente da caixa 3

Parâmetros	2B*	3B*	2FSC*
pH	8,67	8,61	7,73
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	605	528	252
DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	191	316	153
N-NO ₃ (mg N L ⁻¹)	0,66	3,27	3,31
N-NH ₄ (mg N L ⁻¹)	517	427	269
N.Total (mg N L ⁻¹)	568	541	287
Condutividade	4,63	2,98	2,62

* Amostras B – Sistema inoculado com esterco bovino, Sítio Aparecida; FSC – Fazenda Santa Cândida (inoculante esterco bovino); os números iniciais 2, 3 referem-se, respectivamente à ordem das coletas (07/2006 e 10/2006). DQO – Demanda Química de Oxigênio; DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio;

. Fonte: Faustino, Adriana Soares. Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo / Adriana Soares Faustino. -- São Carlos : UFSCar, 2007. 121 f.

Na tabela 2 pode-se observar que os valores das concentrações de N-NH_4 variaram entre 269 a 517 mg N L^{-1} e para os teores de matéria orgânica, representados pela demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio em cinco dias (DBO_5), os valores encontram-se na faixa de 153 a 605 $\text{mg O}_2 \text{ L}^{-1}$, indicando que o efluente analisado é apto para ser utilizado como adubo orgânico.

Faustino (2007), analisou ainda aspectos de macro e micronutrientes contidos no efluente, que apresentou quantidades significativas de macronutrientes (K, P, Ca e Mg) e menores de micronutrientes (Fe, Mn, Zn e Cu). Esses nutrientes possivelmente se encontram ligados à matéria orgânica do efluente, sendo liberados de forma gradual para o solo.

O mesmo autor comenta que o efluente final é constituído essencialmente de água e matéria orgânica (rica em carbono), grande quantidade de compostos nitrogenados (especialmente Nitrogênio amoniacal), e demais macro e micronutrientes essenciais às plantas, como potássio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e cobre.

De acordo com SOUSA et al., (1998), quando o solo apresenta certa capacidade de armazenamento de nitrogênio (presença de matéria orgânica) pode parecer vantajoso utilizar-se, como adubo orgânico, efluente contendo mais nitrogênio amoniacal que na forma de nitrato, pois as plantas assimilam nitrogênio nas formas de nitrato e íon amônio. Dessa forma, o uso de efluente em culturas tem o mesmo efeito do nitrogênio aplicado na forma de fertilizante.

Na literatura existem vários trabalhos que confirmam que o uso do efluente tratado pode melhorar a fertilidade do solo.

Novaes et al. (2002) observou os efeitos da aplicação do efluente sobre o solo da Fazenda Belo Horizonte em Jaboticabal/SP (local onde o sistema da Fossa Séptica Biodigestora foi implantado), a aplicação do efluente obtido da fossa biodigestora, levou a um aumento do conteúdo de matéria orgânica, de fósforo (P) extraível e da acidez potencial na primeira camada amostrada, o que era esperado visto que se trata de um material orgânico provavelmente rico em P e em grupos ácidos. Por outro lado, provocou uma aparente lixiviação de potássio (K^+) e cálcio (Ca^{2+}) para a camada de 10-20 cm, provavelmente pela

adição de ácidos orgânicos de baixa massa molar e alta mobilidade no solo permitindo a mobilização destes nutrientes (Novaes et al., 2002).

Neste experimento, Novaes et. al. (2002) também realizou análise de nitrogênio (N) na forma mineral, comparando os valores obtidos entre os dois tipos de adubação. O N é um dos mais caros macronutrientes, o mais instável no solo e considerado como o principal limitador da produção agrícola, sendo absorvido pelas plantas na forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+). Esse macronutriente regula a velocidade de decomposição e a atividade microbiana; se a matéria orgânica contiver menos de 1,2% de N, conseqüentemente uma relação carbono/nitrogênio alta, pode-se esperar que a imobilização do N mineral do solo será maior que a mineralização do carbono (C), e o processo de decomposição será lento (Mengel & Kirkby, 1987).

Nesse caso os microrganismos usam o NO_3^- ou o NH_4^+ do solo para formar proteínas; e com isso a produção de húmus será menor. As análises realizadas por Novaes (2002) mostraram que, quando aplicado o efluente do biodigestor, houve um aumento de aproximadamente 17% na concentração de NH_4^+ no perfil de 0 a 10 cm e 9% entre 10 e 20 cm. O aumento para o NO_3^- foi de 23% de 0 a 10 cm e de 15% entre 10 e 20 cm.

Fonseca et. al. (2007), conseguiram substituir em até 81% a fertilização nitrogenada química pela orgânica, utilizando o efluente tratado.

Varallo et. al. (2012) constaram que com o uso do efluente tratado foi possível diminuir a acidez potencial do solo ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$), manter o valor de CTC e aumentar a saturação de bases (V). Fonseca et. al. (2007), conseguiram substituir em até 81% a fertilização nitrogenada química pela orgânica, utilizando o efluente tratado.

De acordo com Lima (2015), o uso de efluentes não pode ser feito quando elementos como cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco aparecem em altas concentrações. A aplicação destes elementos em um solo pode ocasionar na absorção dos mesmos pelas plantas e o acúmulo desses metais pesados nos alimentos. A depender da quantidade de metais pesados em um solo, pode ocorrer a contaminação do meio ambiente, prejudicando a fauna e a flora local, elevando a concentração nos alimentos, e contaminado o homem e animais

Abreu (2019) realizou fertirrigação por sulcos na cultura do milho com efluente a fim de comparar os efeitos da adubação com efluente de fossa séptica biodigestora, com adubação química convencional.

Neste experimento, Abreu (2019) realizou tratamentos químicos de nitrogênio, fósforo e potássio (NPK) e fósforo e potássio (PK), que receberam em suas parcelas exclusivamente água para irrigação, e tratamentos com efluente somado a fosforo e potássio mineral (EPK) e apenas efluente (EF), que receberam efluente durante a fertirrigação e água para irrigação, de forma que o balanço hídrico foi o mesmo para cada tratamento.

Os resultados médios de massa de espiga, produtividade, massa média de grão e massa de 1000 grãos dos tratamentos demonstram que os tratamentos com adubação química convencional (NPK) e uso de efluente em substituição ao nitrogênio químico (EPK) são muito próximos, os maiores valores de produtividades foram encontrados no NPK e EPK, com 12.127,61 e 9.774,63 kg/ha respectivamente. O tratamento que utilizou apenas o efluente como fonte mineral (EF) apresentou produtividade inferior os tratamentos NPK e EPK, demonstrando que apenas o uso do efluente como fonte de adubação não seria recomendado para alta produtividade na cultura do milho, contudo o tratamento EF apresentou resultados melhores que a aplicação apenas de fósforo e potássio (PK), indicando que o nitrogênio contido no efluente eventualmente substitui o nitrogênio mineral (ABREU, 2019).

Resultados semelhantes foram encontrados por Moraes et al. (2014), que ao compararem o uso do adubo químico com um efluente tratado, a partir da dose de nitrogênio de 118,5 kg ha⁻¹, também não encontraram diferença significativa de produtividade. Com isso, pode ser afirmado que a substituição do nitrogênio químico pelo orgânico pode ser feita sem que haja redução de produtividade da cultura.

Apesar do efluente ser muito viável em substituição do nitrogênio mineral, as demandas de grandes volumes de efluente para uso em áreas de monoculturas anuais se mostra logisticamente inviável, devido ao efluente apresentar concentrações inferiores as necessidades exigidas pelas grandes lavouras (SAVEGNAGO, 2013)

4. Considerações finais

A implantação das fossas sépticas biodigestoras em áreas rurais não atendidas pela rede coletora, traz benefícios para a salubridade do meio ambiente e para a saúde da população, uma vez que ajuda na prevenção de possíveis contaminações, reduzindo a incidência de doenças veiculadas pela água e relacionadas à falta de saneamento básico, assim como tende a trazer benefícios econômicos, pois contribui para a melhoria da produtividade dos cultivos na agricultura familiar, o que resulta no desenvolvimento social e econômico dessas localidades.

As tecnologias de saneamento precisam ser adequadas às particularidades de cada localidade e região, tendo em vista que o ambiente rural não é homogêneo, variando em todos os aspectos, dessa forma a fossa séptica biodigestora apresenta grande vantagem devido a sua facilidade de montagem e manutenção, confeccionada a partir de materiais simples e de fácil acesso as populações que habitam os rincões brasileiros. É possível constatar que essa tecnologia representa uma das diversas alternativas para a solução do saneamento rural, com grande potencial de implementação nas realidades rurais brasileiras, por estar inserida na perspectiva da melhor integração das atividades com o meio, além de otimizar a utilização dos recursos disponíveis.

A utilização do efluente como única fonte fertilizante demonstra resultados inferiores a utilização de fertilizantes minerais, porém demonstra ser eficiente no auxílio aos insumos minerais, ou mesmo na ausência dos mesmos. Se por um lado a utilização do efluente parece inviável no cultivo de grandes áreas de monocultura, por outro pode ser muito bem aproveitado em pequenas lavouras de subsistência, onde geralmente há escassez de nutrição mineral as culturas.

Dessa maneira a Fossa Séptica Biodigestora vem como uma solução inovadora usando uma tecnologia simples e barata.

Referências Bibliográficas

ABREU, P. A.S. **“Irrigação por sulcos com efluente de fossa séptica biodigestor como fonte de nitrogênio na cultura do milho”** / Pedro Alcantara da Silva Abreu. – Botucatu, 2019. 126 p. : il., tabs., fotos

ALEM SOBRINHO, P. **“Tratamento de esgoto e geração de lodo”**. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; ALEM SOBRINHO, P.; HESPANHOL, I.; CARVALHO, de P. de C.T. de; MELFI, A.J.; MELO, W.J. de; MARQUES, M.O. (Ed.). *Biossólidos na agricultura*. São Paulo: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, 2001. p. 7-40.

ALMEIDA, R. G. **“Aspectos legais para a água de reuso”**. VÉRTICES, Campos dos Goytacazes/RJ, v. 13, n. 2, p. 31-43. 2011.

ANDRADE NETO, C. O. de. **“Sistemas simples para tratamentos de esgotos sanitários: experiência brasileira”**. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

ÁVILA, Renata Oliveira de. **“Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico filtro anaeróbico com diferentes tipos de meio suporte”**. 2005. 166 f. Tese (Mestrado em ciências em engenharia civil) - Curso de mestrado em Engenharia Civil. UFRJ, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005

BALTAZAR, J.; BRISCOE, J.; MESOLA, V.; M.O.E.C.; SOLON, F.; VANDERSLICE, J.; YOUNG, B. (1988) **Can the case-control method be used to assess the impact of water supply and sanitation on diarrhea** / A study in the Philippines. *Bulletin of the World Health Organization*, v. 66, n. 5, p. 627-635.

BASTOS, R. K. X.; BEVILACQUA, P. D.; SILVA, C. A. B.; DORNELAS, F. L.; ASSUNÇÃO, F. A. L.; RIOS, E. N.; SILVA, A. F. S.; FREITAS, A. S. E COSTA, G. S. **Tratamento de esgotos sanitários e usos múltiplos de efluentes**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, (Suplemento), p.164-170, 2005.

BAYER, C.; MIELNICZUK. **“Dinâmica e função da matéria orgânica”**. In: Fundamentos da Matéria orgânica do solo: Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. 2008 (cap. 2, p.7-18).

BOLZONELLA, D.; FATONE, F.; PAVAN, P.; CECCHI, F.; **“Anaerobic fermentation of organic municipal solid wastes for the production of soluble organic compounds”**. Industrial Engineering Chemistry Research, v. 44, p. 3412-3418, 2005.

BORGES, Nayara Batista. **“Caracterização e pré-tratamento de lodo de fossas e de tanques sépticos”**. 2009. 150f. Dissertação (Mestrado em hidráulica e saneamento) – Curso de mestrado em hidráulica e saneamento. USP, Universidade de São Paulo, São Carlos.

BRESOLIN, J. D. **“Uso de efluente de Fossa Séptica Biodigestora como biofertilizante do solo – ASPECTOS EDAFO-MICROBIOLÓGICOS”**. Universidade Federal do Paraná. 2016.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. ALVAREZ, V. H. BARROS, N. F. FONTES, R. L. F. CANTARUTTI, R. B. NEVES, J. C. L. **“Fertilidade do solo. 1º ed”**. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 2007. 375-470p

CAVINATTO, V. M. **“Saneamento básico: fonte de saúde e bem-estar”**. São Paulo: Ed.Moderna, 1992.

CAVINATTO, A. S.; PAGANINI, W. S. **“Os micronutrientes nas atividades de disposição de esgotos no solo”** – estudo de caso. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 12, n. 1, p. 42-51. Jan/mar. 2007.

CHERNICHARO, C. A. de L. **“Reatores Anaeróbios”**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 246p. 1997.

CETESB- Companhia Ambiental Do Estado De São Paulo. **Proposta de Minuta de Resolução SES/SMA/SERHS sobre a disciplina do reuso direto de água não potável proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário de sistemas públicos para fins urbanos**. 2012

CONAMA. Resolução N° 20, de 18 de junho de 1986. Diário Oficial da União. Estabelece normas e padrões para a qualidade das águas e lançamento nos corpos de água

CONAMA. Resolução N° 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CONAMA. Resolução N° 396, de 3 de abril de 2008. Diário Oficial da União. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

CONAMA. Resolução N° 430, de 11 de maio de 2008. Diário Oficial da União. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

COSTA, Cinthia Cabral da; GUILHOTO, Joaquim José Martins. **“Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestor”**. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro , v. 19, n. spe, p. 51-60, 2014

CUNHA, V. D. **“Estudo para proposta de critérios de qualidade da água para reuso urbano”**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Saneamento Ambiental, 2008.

CUNHA, A. H. N. **“O reúso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país”**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 7, n. 13, p.1225 – 1248, 2011.

D’Castro Filho, J. **Pós-tratamento de Efluente de Reator Anaeróbio em Lagoa de Polimento**. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2005, 128 p.

EMBRAPA (2010). **Tecnologia social, fossa séptica biodigestora: Saúde e renda no campo**. Brasília: Fundação Banco do Brasil.

ESREY, S.A.; POTASH, J.B.; ROBERTS, L.; SHIFF, C. **Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma**. Bulletin of the World Health Organization, v. 69, n. 5, 1991.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G., **Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.5, p.467–477, 2010.

FAUSTINO, Adriana Soares. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo** / Adriana Soares Faustino. -- São Carlos : UFSCar, 2007. 121 f.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. M.; KÖNIG, A. **Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo**. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v. 9, n. 01/03, p. 893-902, 2005.

FONSECA, A. F.; HERPIN, U.; PAULA, A. M.; VICTÓRIA, R. L.; MELFI, A. J. **Agricultural use of treated sewage effluents: agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil**. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 64, n.2, p.194-209, 2007.

FRIEDEL, J.K.; LANGER, T.; SIEBE, C.; STAHR, K. **“Effects of long-term wastewater irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass, and its activities in central Mexico”**. Biology and Fertility Soils, v. 31, p. 414-421, 2000

FUNASA. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 4. ed. Brasília, 2015. 642 p

GALINDO, Natalia **“Perguntas e respostas; fossa séptica biodigestora”**. I Natália Galindo, Wilson Tadeu Lopes da Silva, Antônio Pereira de Novaes, Luis Aparecido de Godoy, Márcia Toffani Simões Soares, Fábio Galvani. --São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2010. 26 p.- Embrapa Instrumentação. Documentos, ISSN 1518-7179; n 49).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011a) Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Banco de Dados Agregados (PNAD). **PROGRAMA NACIONAL DE AMOSTRAGEM POR DOMICÍLIO** Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/pnad/pnadpb.asp?o=3&i=P>. Acesso em 20 set. 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011b) Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/default.php>. Download. Estatísticas. Contas Nacionais. Sistemas de Contas Nacionais. 2008. Acesso em 05 set. 2019.

JEYASEELAN, S. **“A simple mathematical model for anaerobic digestion process”**. Water Science Technology, v. 35, p. 185-191, 1997.

JORDÃO, E.P; PESSOA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. CIDADE: Segrac, 2005.

KELNER E.; PIRES E. **Lagoas de estabilização: projeto e operação**. Rio de Janeiro: ABES, cap 1 e 2. 1998.

KOUPAI, J. A.; FARD, A. M.; AFYUNI, M.; BAGHERI, M. R. **Effect of treated wastewater on soil chemical and physical properties in an arid region**. Plant soil environ, Amsterdam, v.52, n.8, p. 335-334, 2006.

LIMA, R. A. S. **Utilização de resíduos de tratamento de esgoto como suprimento hídrico e nutricional na cultura do girassol**. 71p. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Irrigação e Drenagem). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Botucatu, SP

LOTFI, P. C. S. **Avaliação preliminar da eficiência de fossas biodigestoras no tratamento de esgoto unidomiciliar - Assentamentos Nova São Carlos e Santa Helena, São Carlos (SP)**. Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016

MASSOUD, May A.; TARHINI, Akram; NASR, Joumana A.. **Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries**. Journal Of Environmental Management, v. 90, n. 1, p.652-659, jan. 2009.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Bern: International Potash Institute, 687p.,1987.

MORAES, M. T. ARNUTI, F. SILVA, V. R. SILVA, R. F. BASSO, C. J. ROS, C. O. **Dejetos líquidos de suínos como alternativa a adubação mineral na cultura do milho**. Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 6, p. 2945-2954, nov./dez. 2014.

NOVAES, A.P.; SIMÕES, M.L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P.E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, G.; NOGUEIRA, A.R.A. **“Utilização de uma fossa séptica para melhoria do saneamento rural e desenvolvimento da agricultura orgânica”**. Comunicado Técnico 46. Embrapa Instrumentação Agropecuária, São Carlos, 2002.

NOVAES, A. P.; SIMOES, M. L.; INAMASU, R. Y.; JESUS, E. A. P.; MARTIN-NETO, L.; SANTIAGO, G.; DA SILVA, W. T. L. **“Saneamento Básico na Área Rural”**. In: SPADOTTO, C.; Ribeiro, W.(Org.). Gestão de Resíduos na Agricultura e na Agroindústria. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2006, p. 262-275.

PEREIRA NETO, J. T., LELIS, M. de P. N. **A contaminação biológica na compostagem**. In: Anais do 21º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa / ABES 2001

Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo, por B. van Raij, H. Cantarella, J. A. Quaggio & A. M. C. Furlani, 2.ed.rev.atual. Campinas, Instituto Agrônômico / Fundação IAC, 1997. 285p

SANTOS, A. P. R. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um Argissolo Vermelho Distrófico cultivado com capim tifton 85**. 2004. 95 p. Dissertação. Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2004.

SANTOS, S. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O. **Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo**. Engenharia na Agricultura. V. 14, n. 1, Viçosa, MG, p. 32-38. Jan/mar. 2006.

SAVEGNAGO, Leoberto; FERRI, Renan. **Caracterização de Esgoto Oriundo de Fossa Séptica Biodigestora e seu Potencial para Aplicação na Agricultura como Biofertilizante**. 2014. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão – PR, 2013.

SCHOKEN-ITURRINO, R. P.; BENINCASA, M.; LUCAS JUNIOR, J.; FELIS, S. D. **Biodigestores contínuos: isolamento de bactérias patogênicas no efluente**. Engenharia Agrícola, Campinas, v. 15, p. 105-108, 1995.

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural Saúde: **Saneamento rural** / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019. 84 p. il.; 21 cm – (Coleção Senar, 226)

SILVA, W. T. L.; NOVAES, A. P.; KUROKI, V.; MARTELLI, L. F. A.; MAGNONI JÚNIOR, L. **Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola**. Química Nova, v. 35, p. 35-40, 2012.

SILVA, W. T. L.; **Memorial descritivo: montagem e operação da fossa séptica biodigestora** / Wilson Tadeu Lopes da Silva, Carlos Renato Marmo, Letícia Franco Leonel. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2017. 27 p.; 21 cm x 29 cm. – (Embrapa Instrumentação. Documentos, ISSN 1518-7179; 59).

SOUSA, J.T. de; ARAÚJO, H.W.C. de; CATUNDA, P.F.C.; FLORENTINO, E.R. **“Tratamento de esgotos sanitários por filtro lento, objetivando produzir efluente**

para reuso na agricultura”, In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 9, João Pessoa, PB, 1998, v. 1, T.1, p. 317-327, ABES, Rio de Janeiro, 1998

SOUSA, J.T. de; LEITE, V.D.; LUNA, J.G. de. **“Desempenho da cultura de arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados”**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v. 5, n.1, p. 107-110, 2001.

TRATA BRASIL (Org.). **Pesquisa Saneamento Básico em Áreas Rurais – Relatório Brasil**. São Paulo, 2018. 118 p.

Tonetti, Adriano Luiz, **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções**. /Ana Lucia Brasil, Francisco José Peña y Lillo Madrid, et al. -- Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.

UNICEF/WHO – The United Nations Children’s Fund/World Health Organization (2010). **Progress on sanitation and drinking-water: 2010 update**. France: World Health Organization.

VARALLO, A. C. T., SOUZA, C. F., SANTORO, B. L. **Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reúso na cultura da alface-crespa** (lactuca sativa, l.). Eng. Agríc., Jaboticabal, v.32, n.2, p.271-279, mar./abr. 2012.

VIEIRA, A. R.; MORAIS, A.; NOVAIS, J.; LORRAYNE, L.; CAMBRUZZI, M.; PIFFER, V.; NASCIMENTO, E. L. **Avaliação microbiológica da água de poços escavados no bairro novo Ji-Paraná no município de Ji-Paraná, Rondônia**. Água, vida e tecnologias. IN: III Seminário Regional Sobre Gestão de Recursos Hídricos. n.3, 2012, Ji-Paraná. Armação dos Búzios. Disponível em: <
<http://www.essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/srhidro/article/download/4752/2867>> Acesso em 13 setembro 2019.

WHO – World Health Organization (2008). **The global burden of disease: 2004 update**. Genebra: World Health Organization.