

REVISÃO DO MODELO DE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO EM PROPRIEDADE RURAL ¹

Carlos Alberto Alves de Lima Filho²

Martha Nascimento Castro ³

RESUMO

De acordo com dados do Instituto Trata Brasil (2020), apenas 54,1% da população brasileira possui um atendimento de coleta de esgoto adequado, nas áreas rurais esses números são ainda mais preocupantes tendo uma parcela de apenas 22% dos moradores com atendimento adequado. Como uma forma de controle aos inúmeros problemas gerados por essa falta de esgotamento sanitário rural, foi apresentada pela EMBRAPA uma solução tecnológica que viabiliza o tratamento de esgoto doméstico, a Fossa Séptica Biodigestora. No presente trabalho foi apresentado um dimensionamento e uma proposta para implantação desse sistema na propriedade Alto de São Jorge localizada na cidade de Alto Paraíso de Goiás – GO.

Palavras-chave: Saneamento Básico; Biodigestor; Sustentabilidade; Esgoto.

ABSTRACT

According to data from the Trata Brasil Institute (2020), only 54,1% of the Brazilian population has adequate sewage collection service, in rural areas these numbers are even more worrying with a share of only 22% of residents with adequate service. As a way of controlling the innumerable problems generated by this lack of rural sanitation, EMBRAPA presented a technological solution that enables the treatment of domestic sewage, the Biodigester Septic Tank. In the present work a dimensioning and a proposal for the implementation of this system was presented in the Alto de São Jorge property located in the city of Alto Paraíso de Goiás - GO.

Keywords: Sanitation; Biodigester; Biofertilizer; Sanitary Sewage.

¹Artigo apresentado à Pontifícia Universidade Católica de Goiás como exigência parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental (2020/2).

²Acadêmico do curso de bacharelado em Engenharia Ambiental da Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC. (carlos.aalf@gmail.com)

³Orientadora Prof^a Dr^a da Escola de Engenharia da Pontifícia Universidade Católica de Goiás - PUC (mcastro@pucgoias.edu.br).

1. INTRODUÇÃO

O atual cenário de esgotamento sanitário no Brasil se encontra em grande precariedade, segundo o Instituto Trata Brasil (2020), no ano de 2017 o Brasil lançou um volume de esgoto não tratado na natureza de aproximadamente 5.622 piscinas olímpicas o que equivale a 14.055.000m³.

De acordo com o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB, 2020) é considerado como atendimento adequado de esgotamento sanitário o uso de fossa séptica ou rede de coleta e tratamento de esgoto, seguindo essa linha de avaliação, segundo dados do Instituto Trata Brasil, apenas 54,1% da população brasileira possui um atendimento de coleta de esgoto adequado.

Ainda dentro da parcela dos 54,1% do total da população com atendimento adequado temos que nas áreas rurais esses números são ainda mais preocupantes tendo uma parcela de apenas 22% dos moradores com atendimento adequado. Portanto, uma média de 24 milhões de brasileiros ainda sofrem com o problema grave da falta de saneamento básico somente nas áreas rurais (EMBRABA, 2020).

A carência de saneamento gera inúmeras doenças no ser humano, seja como problemas mais corriqueiros, como a diarreia, doenças dermatológicas, cólera, leptospirose, disenteria bacteriana ou o agravamento de epidemias, tendo como exemplo no Brasil a Dengue, Chikungunya e Zika, podendo levar inclusive a óbito, principalmente as crianças e idosos. As doenças são transmitidas pelo contato da pele com o solo e lixo contaminados e pelo uso ou ingestão de água contaminada (RODRIGUES e MORALES, 2019).

De acordo com Souza (2015), a utilização dos recursos hídricos sem nenhum tipo de regramento tem como resultado o comprometimento da qualidade da água utilizável, sobretudo, somada ao grande crescimento na ocupação industrial urbana e a precariedade de infraestrutura nas regiões periféricas e nas zonas rurais, o que leva ao frequente uso de fossas rudimentares fora dos padrões exigidos pela NBR 7229/1993 ou apenas uma canalização de esgoto diretamente para o curso dos mananciais ou sumidouros.

No Brasil existe uma busca contínua de atendimento à demanda energética em diversas áreas, principalmente nas mais afastadas e rurais, de forma que cause o mínimo de impacto, sendo ele social ou ambiental.

Nessas áreas mais afastadas onde não se encontra rede coletora de esgoto, os biodigestores surgem como uma excelente alternativa. Consistem num sistema unifamiliar que trata o esgoto sanitário por um processo conhecido como biodigestão anaeróbia, proporcionando assim um tratamento adequado para os dejetos que ainda são transformados em biofertilizante e o biogás durante o processo.

Além de proporcionar um tratamento adequado para o esgoto doméstico, o biodigestor também pode fornecer notáveis melhorias financeiras a seus usuários, pois o biofertilizante gerado como subproduto do processo de biodigestão pode ser utilizado na fertirrigação de plantações e jardins, gerando assim um possível corte de gastos com fertilizantes químicos por exemplo.

Inserido no cenário descrito, este estudo tem como objetivo apresentar uma revisão de dimensionamento de modelo de fossa séptica biodigestor (FSB) da EMBRAPA como opção de sistema de esgotamento sanitário rural.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O saneamento, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), é o gerenciamento ou controle dos fatores físicos que podem exercer efeitos nocivos ao homem, prejudicando seu bem-estar físico, mental e social (OMS, 2018).

De acordo com a Lei nº 14.026 de 2020 “saneamento básico é o conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.” (BRASIL, 2020)

Em busca de uma melhoria nas condições de saneamento do país, o que implica em uma melhoria na saúde pública, a Lei 11.445/2007 e o Decreto 7217/2010 define diretrizes para o saneamento básico em território nacional (BRASIL, 2021). Nesses documentos,

destacam-se 5 objetivos da Política Federal de Saneamento Básico quem mais se relacionam ao caso em estudo, são eles:

I. contribuir para o desenvolvimento nacional, a redução das desigualdades regionais, a geração de emprego e de renda e a inclusão social;

IV -proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e de pequenos núcleos urbanos isolados;

IX - fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico, a adoção de tecnologias apropriadas e a difusão dos conhecimentos gerados de interesse para o saneamento básico;

X - minimizar os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das ações, obras e serviços de saneamento básico e assegurar que sejam executadas de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde;

XII - promover educação ambiental voltada para a economia de água pelos usuários. *(Inciso acrescido pela Lei nº 12.862, de 17/9/2013) (BRASIL, 2021).*

Tais objetivos podem ser alcançados a partir de uma disseminação e implantação da Fossa Séptica Biodigestora da EMBRAPA visto que, esse sistema contribui para uma redução das desigualdades regionais em questão de esgotamento sanitário, pode proporcionar maiores condições de salubridade nos locais em que for implantada, fomenta o desenvolvimento tecnológico, minimiza os possíveis impactos ambientais gerados pela destinação inadequada de esgoto doméstico e conseqüentemente promove uma educação ambiental aos seus usuários.

2.1. Saneamento Rural

De acordo com dados publicados pelo Instituto Trata Brasil (2020), em um cenário mundial, tem-se que 84% da população rural tem acesso a água potável, versus 96% da população urbana que também tem acesso a água potável.

Apenas 54,1% da população no Brasil tem acesso a coleta de esgoto, quase 100 milhões de pessoas não tem acesso a este serviço, no ano de 2017 das 27 Unidades da Federação, apenas 6 possuíam proporção maior que 50% em relação a residências com

esgotamento sanitário. São elas: São Paulo, Distrito Federal, Minas Gerais, Paraná, Espírito Santo e Goiás (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios do ano de 2014, aproximadamente 68,7% dos domicílios rurais depositavam seus dejetos em cursos d'água, em “fossas rudimentares” ou até mesmo diretamente no solo a céu aberto e, apenas 33% estavam ligados a redes de abastecimento de água. A partir disso nota-se a precariedade no setor de saneamento rural no Brasil em comparação com o cenário mundial (IBGE, 2014).

A falta de coleta e tratamento do esgoto sanitário doméstico traz inúmeros prejuízos para a sociedade, sendo o principal deles nas questões de saúde. Dessa forma a consequência devido ao não tratamento de esgoto é a disseminação de inúmeras doenças, denominadas doenças feco-orais, que possuem como marco principal as doenças diarreicas (COSTA *et al.*, 2014).

Pela definição da legislação da PNSB (2007), esgotamento sanitário é definido como um conjunto de atividades elaboradas por meio de infraestrutura, por meio de fases, como os mecanismos de coleta, condução, tratamento e destinação final dos resíduos sanitários, das conexões prediais e ainda a destinação final ao meio ambiente.

Segundo a ANA (2017, p. 22):

[...] a situação do atendimento da população brasileira com serviços de esgotamento sanitário pode ser caracterizada da seguinte forma: 43% é atendida por sistema coletivo (rede coletora e estação de tratamento de esgotos); 12% é atendida por solução individual (fossa séptica); 18% da população se enquadra na situação em que os esgotos são coletados, mas não são tratados; e 27% é desprovida de atendimento, ou seja, não há coleta nem tratamento de esgotos.

No § I do art. segundo da Lei nº 14.026 de 2020 é citado a universalização do acesso e efetiva prestação de serviço. O § III também do art. segundo da mesma lei cita o abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos feitos de maneira cabível à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à preservação do meio ambiente (BRASIL, 2020) respectivamente, o que não condiz com atual cenário de saneamento no Brasil.

O Brasil possui uma média de 31 milhões de habitantes residindo em áreas rurais e comunidades isoladas, segundo dados do IBGE (IBGE – PNAD 2014). Desta população, uma pequena parcela de apenas 22% tem acesso a serviços adequados de saneamento básico e a realidade mostra que ainda existem os que não possuem nem banheiro, ou seja, defecam ao ar livre, somando um número de quase 5 milhões de brasileiros vivendo nesse cenário (EMBRAPA, 2020).

De acordo com a definição da norma brasileira NBR 9.648/1986 esgoto sanitário é o despejo líquido formado pelos esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Seguindo a mesma norma temos que:

– Esgoto doméstico é o despejo líquido provindo da utilização de água para higiene e necessidades fisiológicas humanas;

– Esgoto industrial é o despejo líquido provindo de processos industriais, seguidos os padrões de lançamento acordados (ABNT, 1986).

Mesmo que sejam previamente tratados, os esgotos domésticos lançados em um corpo hídrico, irão alterar as características físicas, químicas e biológicas do receptor, de tal forma que possa vir a restringir o seu uso para alguns fins específicos (MELO, 2018).

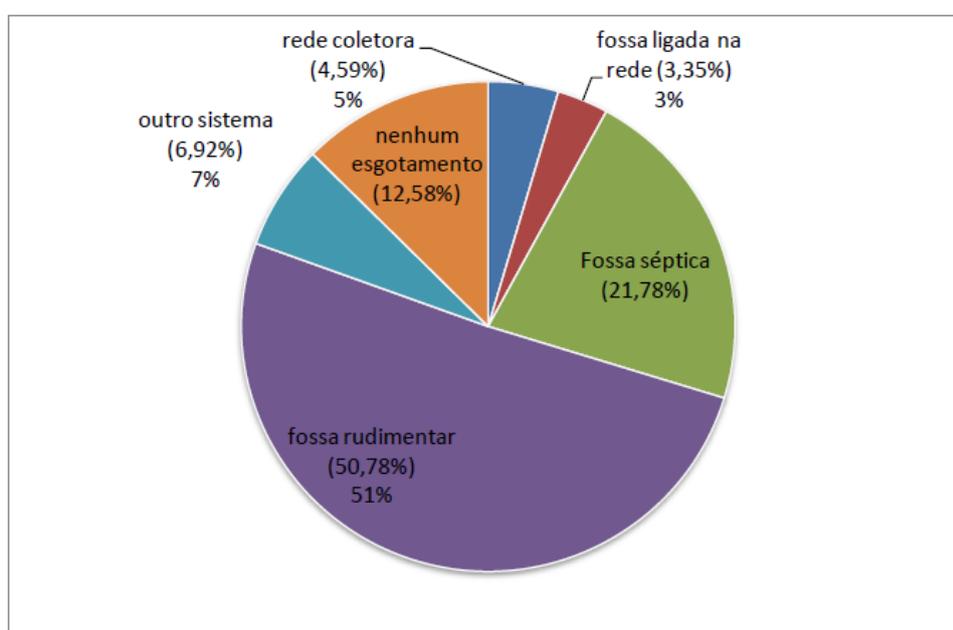
Um grande problema causado pelo despejo desse tipo de resíduo nos recursos hídricos, é o fato de que os nutrientes presentes no esgoto, podem levar, o receptor, à eutrofização, nome dado ao processo de proliferação de algas que se acumulam na superfície do rio, impedindo assim a entrada de luz nas águas, de forma que as plantas presentes no local não consigam realizar a fotossíntese, diminuindo assim a concentração de oxigênio (BRK AMBIENTAL, 2018).

Para se ter uma ideia do grau de importância do esgotamento sanitário em âmbito social, dados fornecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), mostram que aproximadamente 1,5 milhão de crianças vêm a óbito anualmente em decorrência de diarreia em todo o mundo. E 88% dessas mortes poderiam ser evitadas com coleta e tratamento de esgoto e acesso à água tratada – ou seja, os serviços de saneamento básico (BRK AMBIENTAL, 2018).

2.2. Fossa Séptica Biodigestora (FSB)

Aproximadamente 12,6% das casas em localidades rurais não possuem nenhum tipo de sistema de tratamento de esgoto e das que possuem, 57,7% utilizam de alternativas consideradas inadequadas para o esgotamento sanitário como o uso de fossas rudimentares, lançamento do esgoto em valas, corpos d'água e outras localidades (Figura 1) (IBGE, 2015).

Figura 1 – Destino do esgoto doméstico nos domicílios rurais brasileiros



Fonte: Elaborado por Figueiredo (2019) a partir de dados do IBGE (2015)

Buscando uma solução para o problema de esgotamento sanitário inúmeras experiências que visam o desenvolvimento de sistemas de saneamento básico adequados têm sido desenvolvidas pelo Brasil e pelo mundo, tentando trazer melhorias nas condições de vida das comunidades e, muitas das vezes, possibilitando a geração de trabalho e renda (SERAFIM e DIAS, 2013).

Como uma forma de controle aos inúmeros problemas gerados pela falta de esgotamento sanitário rural, foi apresentada pela Embrapa uma solução tecnológica de baixo custo, fácil instalação e que viabiliza o tratamento de esgoto doméstico, a Fossa Séptica Biodigestora (FSB) é uma alternativa para substituir a “fossa negra” traz os benefícios de não

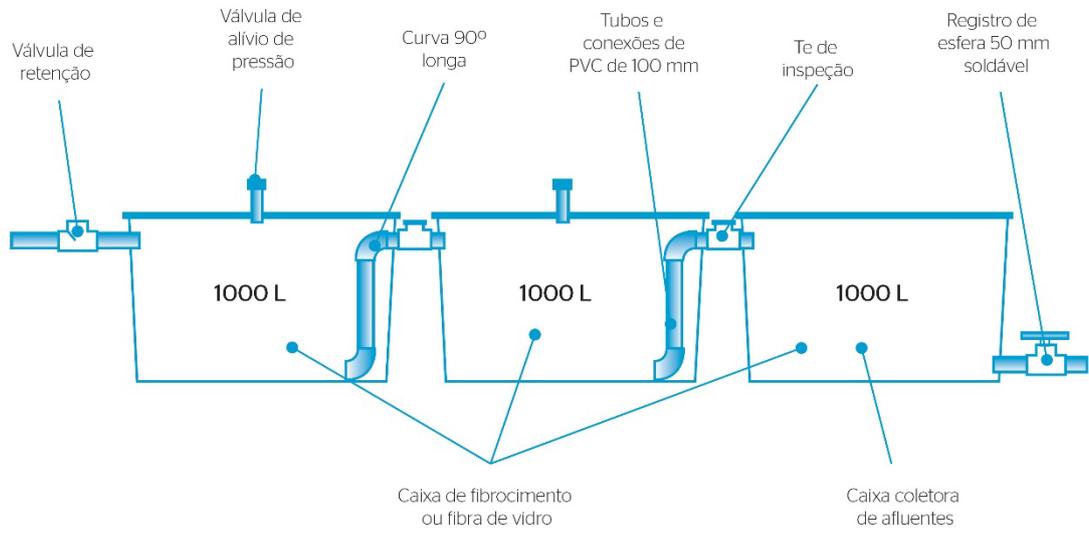
gerar odores desagradáveis, não atrai vetores e evita impactos negativos como a contaminação do lençol freático e degradação de mananciais (EMBRAPA, 2020).

O sistema F.S.B. ainda dá a opção de utilização do efluente tratado como biofertilizante, sendo descartada a necessidade de tratamentos complementares como filtro, sumidouro, vala de infiltração etc. e a limpeza do sistema com caminhão já que o sistema não gera acúmulo de lodo (GALINDO *et al.*, 2019).

O funcionamento do sistema é baseado na fermentação anaeróbia realizada por microrganismos presentes no próprio esgoto. Estando em condições adequadas de temperatura, tempo de permanência no sistema e nutrientes, esses microrganismos consomem a matéria orgânica e transformam o esgoto bruto em um efluente que pode ser utilizado em pequenas produções agrícolas como um excelente fertilizante (GALINDO *et al.*, 2019).

De acordo com CHERNICHARO (1997), o método de biodigestão tem baixa eficiência na remoção de DQO, nutrientes e patógenos, porém de acordo com BRASIL (2001) a fossa séptica biodigestora é capaz de produzir adubo orgânico completamente livre de microrganismos patogênicos para o homem.

Figura 2– Modelo de fossa séptica biodigestora.



Fonte: Galindo *et al.* (2019).

A principal diferença entre o sistema FSB, tanques sépticos e outros biorreatores anaeróbios é a disposição das tubulações de forma que efluente da camada mais baixa do reator seja retirado e lançado na parte superior do próximo. Dessa forma, procura-se aumentar o contato da biomassa com o líquido ao longo do tratamento e evitar a formação de zonas mortas (Figura 2) (EMBRAPA, 2020).

2.2.1. BIOFERTILIZANTE

O efluente final, definido como biofertilizante, possui aspecto líquido, é transparente, ligeiramente marrom-amarelado, de odor leve e característico. É composto basicamente por água e matéria orgânica dissolvida, grande porcentagem de compostos nitrogenados, e demais elementos químicos necessários às plantas, como fósforo, manganês, potássio, cálcio, ferro, magnésio, zinco e cobre (MATOS *et al.*, 2017).

Devido a presença de grande quantidade de matéria orgânica e nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, o biofertilizante pode trazer benefícios como aumento da fertilidade do solo, da nutrição e da produtividade das culturas agrícolas (GALINDO *et al.*, 2019).

3. METODOLOGIA

Este estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira, realizada entre agosto e outubro de 2020, foi feita uma revisão a partir de artigos acadêmicos, livros, dissertações, manuais e monografias que pudessem aprofundar mais o conhecimento a respeito do tema e auxiliar na construção do protótipo, também foram consultadas leis federais, estaduais e municipais abrangentes. Com as palavras-chave: biodigestor rural, saneamento básico, esgoto e biofertilizante foram realizadas buscas em bases virtuais científicas como o Google acadêmico.

A segunda etapa consistiu em levantamento de dados por meio de fotos, buscas em plataformas de imagem por satélite como o Google Earth e um cálculo da biomassa produzida através de dados quantitativos como número de pessoas e média de descargas diárias fornecidas pelo proprietário do local de aplicação do sistema a fim de dimensionar o protótipo a ser construído.

Para dimensionar o volume necessário para funcionamento do sistema foi utilizada a equação:

$$Np \times Qd \times Vd \times Td = Vs \text{ (Equação 1)}$$

Sendo:

Np = Número de pessoas

Qd = Quantidade de descarga por pessoa

Vd = Volume de descarga

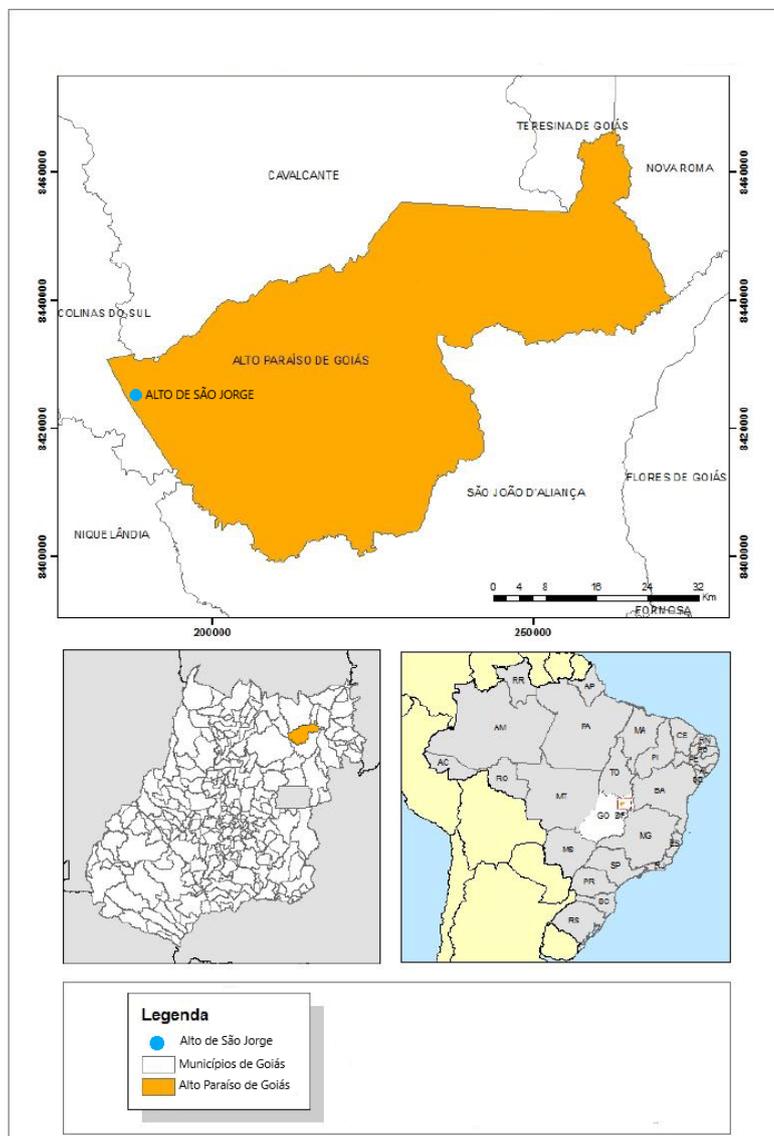
Td = Tempo de detenção hidráulica

Vs = Volume do sistema

3.1. Caracterização da Área de Estudo

A propriedade Alto de São Jorge, lugar onde foi realizado o estudo, fica localizada às margens da GO-239, entre as coordenadas $-14^{\circ}13'38''$ S e $-47^{\circ}54'04''$ W representada na Figura 3, possui uma área de $41,0\text{km}^2$ e fica a uma altitude de 669m em relação ao nível do mar. Pertence ao município de Alto Paraíso de Goiás, dentro do o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros que em 2001 foi declarado patrimônio natural da humanidade. O município fica localizado no nordeste do estado de Goiás e desde 2001, na Área de Proteção Ambiental - APA de Pouso Alto. Conta com uma área de $2593,9\text{ km}^2$ e possui um número de 7.624 habitantes localiza-se a 230 km de Brasília e a 412 km de Goiânia. Localizada no Planalto Central do Brasil, em região caracterizada pelo bioma do cerrado, possui um clima tropical com temperatura média de $21,7^{\circ}\text{C}$. O município de Alto Paraíso de Goiás está abrangido pela bacia do rio Tocantinzinho que possui área de drenagem da ordem de 4.800 km^2 , pertence à sub-bacia Alto Tocantins, da bacia hidrográfica do Rio Tocantins (QUEIROZ, 2019).

Figura 3 – Mapa de localização da propriedade Alto de São Jorge – Alto Paraíso de Goiás



Fonte: Adaptado de Lee (2016).

3.2. Levantamento de Dados e Análises

Para elaboração do projeto de dimensionamento da Fossa Séptica Biodigestora utilizou-se as referências DA EMBRAPA (2019) e Galindo et al. (2019).

Os parâmetros necessários para realização do dimensionamento foram:

- Modelo de fossa séptica
- Número de residentes
- Volume de águas negras por dia
- Tempo de detenção
- Área utilizada
- Profundidade do lençol
- Distância do recurso hídrico
- Relação de materiais utilizados

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dimensionamento de volume do sistema

Para definir o volume do sistema em questão, foi necessário identificar, o número de pessoas residentes do local de instalação, a quantidade média de descargas diárias por pessoa, o volume de água liberado em cada descarga e o tempo de detenção hidráulica do sistema sendo que o número de pessoas residentes no local e a quantidade de descargas diárias foram concebidas pelo proprietário do local, já a definição do volume de descarga foi possível devido a indicação de uma caixa de descarga específica com vazão pré-definida .

Após adquiridos todos os dados necessários realizou-se o cálculo de volume para uma residência com 5 pessoas, onde cada uma delas aciona a descarga em média 5 vezes ao dia. É importante ressaltar que para maior controle da quantidade de matéria destinada a fossa

séptica biodigestora, foi utilizado um modelo de vaso sanitário econômico com caixa acoplada para limitar o volume de água em, aproximadamente, 6 litros por descarga.

O tempo de detenção hidráulica adotado foi de 20 dias, período indicado por Galindo (2019).

A partir dos dados fornecidos, utilizou-se a *Equação 1* para cálculo do volume:

Onde:

$Np = 5$ pessoas

$Qd = 5$ descargas

$Vd = 6$ litros

$Td = 20$ dias

Assim tem-se que:

$$5 \text{ pessoas} \times 5 \text{ descargas} \times 6 \text{ litros} \times 20 \text{ dias} = \mathbf{3000 \text{ litros}}$$

4.2 Dimensionamento da área utilizada

Para definir as dimensões do projeto foram seguidas recomendações técnicas publicadas pela Embrapa (2019) em um manual de construção de fossa séptica biodigestora. O sistema é composto por três caixas d'água de 1000 L com diâmetro de 1,52m cada (A, B e C), conectadas por tubos de conexão de PVC de 4", respeitando uma distância de 0,5m entre cada uma (Figura 4 e Figura 5), indicada por Galindo et al. (2019).

Figura 4 – Esquema de estruturação do sistema FSB

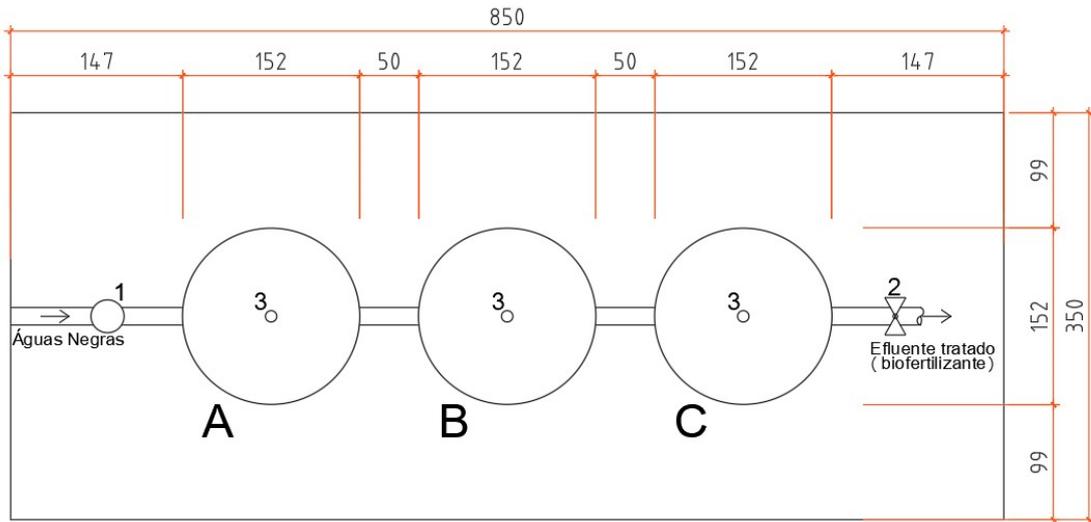
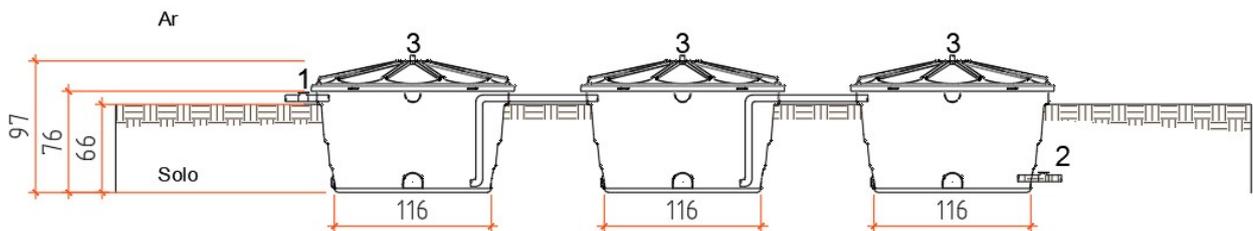


Figura 5 – Vista lateral sistema FSB



Para início do funcionamento do sistema é necessário a inserção de 20L iniciais de uma mistura de esterco bovino e água, sendo que a cada 30 dias, 10 L da mesma mistura deve reabastecer o sistema, através da válvula de retenção (item 1 da Figura 4 e 5), para que houvesse uma maior praticidade em tal atividade foi disponibilizado um espaço de 1,47m no início do sistema, o mesmo foi feito no final do sistema, onde foi colocado um registro (item 2 das Figuras 4 e 5) para retirada do efluente tratado ou biofertilizante através.

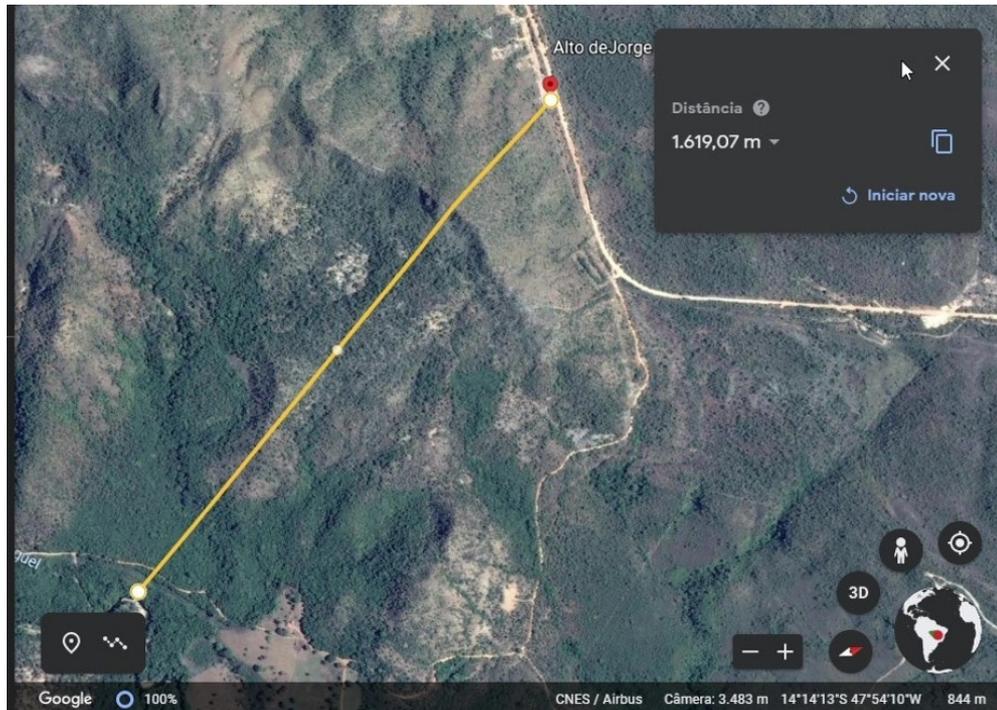
Para o sistema de alívio do biogás produzido (item 3 das Figuras 4 e 5) foi disposto um CAP de 25 mm de diâmetro, conectado à uma tubulação de mesmo calibre, conectados à tampa das caixas através de flange de 25 mm.

Quanto a profundidade do sistema foi seguida recomendação de deixar 0,1m das caixas d'água acima do nível do chão, sendo assim foi calculado uma profundidade de 0,67m já que as caixas possuem uma altura de 0,77m se não forem consideradas as tampas.

4.3 Aspectos construtivos

De acordo com a norma NBR 7229/1993 para implantação de uma fossa séptica deve ser respeitada uma distância de pelo menos 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza (ABNT, 1993). O recurso hidrográfico mais próximo ao local de instalação da fossa séptica biodigestora é o Ribeirão de São Miguel localizado a aproximadamente 1.600m de distância do local de aplicação do sistema (Figura 6) sendo assim, não existe o risco de contaminação de mananciais devido à construção do sistema.

Figura 6 – Distância entre o biodigestor e o Ribeirão de São Miguel (recurso hídrico mais próximo).



Fonte – Google Earth (2021)

Outro aspecto importante está relacionado a profundidade do lençol freático. A indicação para instalação do sistema de F.S.B. é de pelo menos um metro de distância entre o fundo das caixas d'água e o lençol (GALINDO et al., 2019), segundo estudos realizados na região a profundidade média do lençol fica entre 3 e 5 metros (MINGOTI e SPADOTTO, 2016).

No Quadro 1 estão especificados os materiais e ferramentas necessárias para construção de um sistema de fossa séptica biodigestora indicados por Galindo et al., (2019)

Quadro 1 - Relação de materiais utilizados na construção do sistema F.S.B.

Item	Quantidade	Unidade	Descrição
01	03	pç	Caixa d'água de 1000L
02	06	m	Tubo PVC 100mm para esgoto
03	01	pç	Válvula de retenção de PVC 100mm
04	04	pç	Curva de 90° longa de PVC 100mm
05	03	pç	Luva de PVC 100mm
06	02	pç	Tê de inspeção de PVC 100mm
07	10	pç	O'ring 100mm
08	02	m	Tubo de PVC soldável 25mm
09	02	pç	Cap de PVC soldável 25mm
10	02	pç	Flange de PVC soldável 25mm
11	01	pç	Flange de PVC soldável 50mm
12	01	m	Tubo de PVC soldável 50mm
13	01	pç	Registro de esfera de PVC 50mm
14	02	tb	Cola de silicone de 300g
15	25	m	Borracha de vedação 15x15mm
16	01	tb	Pasta lubrificante para juntas elásticas em PVC rígido
17	01	tb	Adesivo para PVC – 100g
18	01	litro	Tinta para pintar as tampas
FERRAMENTAS			
01	01	pç	Serra copo 100mm
02	01	pç	Serra copo 50mm
03	01	pç	Serra copo 25mm
04	01	pç	Aplicador de silicone
05	01	pç	Arco de serra
06	01	pç	Furadeira elétrica
07	01	fl	Lixa comum no. 100
08	01	pç	Pincel de 4"
09	01	pç	Estilete ou faca

5. CONCLUSÃO

Todos os materiais utilizados na construção do sistema somaram um valor de R\$2.245,03.

A partir do valor apresentado é permitido que se faça uma comparação entre o modelo de sistema proposto e um modelo convencional disponível no mercado. Para essa comparação será usado o modelo “Fortlev de 500L” pois atende o número de pessoas equivalente ao utilizado no dimensionamento do sistema proposto. O modelo “Fortlev 500L” tem um custo que varia entre R\$2.000,00 e R\$2.200,00, sendo que ainda há a necessidade da construção de uma vala de infiltração ou a contratação periódica de um caminhão limpa fossa para retirada do lodo acumulado, o que gerará gastos adicionais, já o modelo FSB pode ter uma diminuição no valor apresentado pois dá a possibilidade de ser construída utilizando-se de diferentes tipos de materiais. Pode-se citar como exemplo a grande variedade de possibilidades na própria estrutura das caixas, como a utilização de caixas de PVC já usadas ou de manilhas de concreto.

Além dessa possível economia nas questões construtivas da fossa séptica biodigestora, deve-se levar em conta a possibilidade de utilização do biofertilizante, gerado a partir do esgoto em substituição aos fertilizantes químicos na propriedade, o que gerará mais um corte de gastos.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, A. et al. **Dimensionamento de um biodigestor rural para o assentamento Trangola.** In: V Congresso Brasileiro dos Engenheiros sem Fronteiras - Natal/RN, 2018. Disponível em: <<https://www.doity.com.br/anais/cbesf2018/trabalho/72799>>. Acesso em: 02/09/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 15 p.

BRASIL. Marco Regulatório de Saneamento - Lei 14026 de 15 de julho de 2020. Dispõe

BRASIL. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Água - Um recurso cada vez mais ameaçado.** Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/sedr_proecotur/_publicacao/140_publicacao09062009025910.pdf. Acesso em: Set. 2020.

CHERNICHARO, CA de L. Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias— Reatores Anaeróbios Vol. 5. **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA), University Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brazil**, v. 246, 1997.

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

DA SILVA LIMA, Felipe Thiago et al. **Projeto de implantação de sistema de fossa séptica biodigestora e clorador no Sítio Rio Manso/RJ.** Revista Fluminense de Extensão Universitária, v. 2, n. 2, p. 11-26, 2012.

DE AZEVEDO FRIGO, Késia Damaris et al. **Biodigestores: seus modelos e aplicações.** Acta Iguazu, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2015.

DO AMARAL, André Cestonaro; STEINMETZ, Ricardo Luis Radis; KUNZ, Airton. O processo de biodigestão. **Embrapa Suínos e Aves-Capítulo em livro científico (ALICE)**, v. 1, p. 13-26, 2019.

EMBRAPA. **Esgotamento Sanitário Rural.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-saneamento-basico-rural>. Acesso em: 11 mai. 2021.

EXAME. **IBGE mostra que o Brasil é mais rural do que imaginávamos.** Disponível em: <https://exame.com/brasil/ibge-aponta-que-brasil-e-mais-rural-que-imaginado/>.> Acesso em: Set. 2020.

GALINDO, Natália; SILVA, W. T. L. D; NOVAES, A. P. D. Perguntas e Respostas: Fossa Séptica Biodigestora Edição revisada e ampliada: subtítulo do artigo. Título da revista: subtítulo da revista, São Paulo , v. 1, n. 1, p. 0-34, 2019.

IBGE. **Classificação e Caracterização dos Espaços Rurais e Urbanos do Brasil | Uma primeira aproximação.** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/15790-classificacao-e-caracterizacao-dos-espacos-rurais-e-urbanos-do-brasil.html?=&t=o-que-e>.> Acesso em: 23 set. 2020.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Esgoto.** Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>.> Acesso em: 11 mai. 2021.

MATOS, C. F. et al. **Avaliação do potencial de uso de biofertilizante de esterco bovino resultante do sistema de manejo orgânico e convencional da produção de leite.** Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2017.

MELO, Aliane Grei dos Santos. **Impactos da contaminação ambiental do rio Imbassáí por lançamento de esgotos domésticos.** 2018.

MINGOTI, Rafael; SPADOTTO, Claudio Aparecido; MORAES, Diego Augusto de Campos. **Suscetibilidade à contaminação da água subterrânea em função de propriedades dos solos no Cerrado brasileiro.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 51, n. 9, p. 1252-1260, 2016.

Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor da Alemanha (BMELV). **Guia prático do Biogás: Geração e Utilização,** Fachagentur Nachwachsende Rohstoff e. V. (FNR), 5ª ed. p. 236, 2010.

OLIVEIRA, Thaíssa Jucá Jardim. Fossa Séptica Biodigestora: limitações e potencialidade de sua aplicação para o tratamento de águas fecais em comunidades rurais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, p.107, 2018.

PINTO, Paulo Henrique Mendonça. **Tratamento de manipueira de fecularia em biodigestor anaeróbio para disposição em corpo receptor, rede pública ou uso em fertirrigação.** Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, p. 87, 2008.

PORTAL SANEAMENTO BASICO. **A Biogás destaca avanços do setor e prevê cenário otimista para 2020.** Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/setor-biogas-crescimento-usinas/>>. Acesso em: Set. 2020.

PORTAL SANEAMENTO BÁSICO. **Saneamento Básico.** Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/saneamento-basico/>>. Acesso em: Set. 2020.

RODRIGUES, A. L. A; MORALES, C. A. S. **Saneamento Básico: Estudo De Caso De Propriedades Rurais Do Município De Santa Margarida Do Sul.** AGRARIAN ACADEMY: Centro Científico Conhecer, Goiania, v. 6, n. 12, p. 108-119, dez./2019. Disponível em: <http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2019B/saneamento.pdf>. Acesso em: 1 fev. 2021.

QUEIROZ, Joana Jubé Ribeiro. Áreas de Preservação Permanente estratégicas para os recursos hídricos na APA de Pouso Alto: panorama, técnicas e custos para restauração. 2019.

SANTOS, Elton Lima et al. **Uma alternativa energética e ambientalmente sustentável ao agricultor familiar: dia de campo sobre biodigestores rurais.** *Diversitas Journal*, v. 2, n. 1, p. 32-38, 2017.

SARGES, R. C. et al. Fossa séptica biodigestora como alternativa para tratamento de esgoto em área de várzea. In: Embrapa Amapá-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAPÁ, 2., 2016, Macapá. Resumos... Macapá: Embrapa Amapá, 2016., 2016.

SARRI, Rodrigo Ferreira et al. **Proposta de tambor séptico biodigestor para Várzea Amazônica e sua contribuição para o tratamento de esgoto na conservação dos recursos hídricos.** P. 107, 2018.

SHUBEITA, Fauzi de Moraes et al. **Análise e modelagem de sistema de digestão anaeróbica monitorado para previsão e busca de eficiência de operação.** Dissertação (pós graduação)–Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Faculdade de Informátiicap. 124, 2016.

SOUZA, Claudinei Fonseca et al. **Eficiência de estação de tratamento de esgoto doméstico visando reuso agrícola.** Revista Ambiente & Água, v. 10, n. 3, p. 587-597, 2015.

VIEIRA, Marcelo Tavares; MIRANDA, D. H.; BASQUEROTTO, CHCC. **Utilização do subproduto proveniente da produção de biogás como fertilizante.** Revista Conexão Eletrônica, v. 13, n. 1, p.12, 2016.

APÊNDICE



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Av. Universitária, 1069 • Setor Universitário
Caixa Postal 86 • CEP 74605-010
Goiânia • Goiás • Brasil
Fone: (62) 3946.1021 | Fax: (62) 3946.1397
www.pucgoias.edu.br | prograd@pucgoias.edu.br

RESOLUÇÃO nº 038/2020 – CEPE ANEXO I APÊNDICE ao TCC

Termo de Autorização de Publicação de Produção Acadêmica

O estudante CARLOS ALBERTO ALVES DE LIMA FILHO, do Curso de Graduação em **Engenharia Ambiental**, matrícula: 2018.2.0035.0002-0, telefone: (65)996032237, e-mail: carlos.aalf@gmail.com, na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei nº 9.610/98 (Lei dos Direitos do Autor), autoriza a Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-Goiás) a disponibilizar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “PROPOSTA DE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO EM PROPRIEDADE RURAL.”, gratuitamente, sem ressarcimentos dos direitos autorais por 5 (cinco) anos, conforme permissões do documento, em meio eletrônico, na rede mundial de computadores, no formato especificado (Texto (PDF); Imagem (GIF ou JPEG); Som (WAVE, MPEG, AIFF, SND); Vídeo (MPEG, MWV, AVI, QT); outros, específicos da área; para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada nos cursos de graduação da PUC Goiás.

Goiânia, 01 de Junho de 2021

Assinatura Autor Carlos A. Alves de Lima Filho

Nome Completo Autor: **Carlos Alberto Alves de Lima Filho**

Assinatura do Professor-Orientador Martha Nascimento Castro

Nome Completo do Professor-Orientador: **Martha Nascimento Castro**