

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS - UEA
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA - EST
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

HUMBERTO FERREIRA MACHADO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UM BIODIGESTOR DE TAMBOR METÁLICO, PARA
OBTENÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE ESTERCO
BOVINO E/OU EQUINO PARA USO EM COMUNIDADES RURAIS DO
AMAZONAS**

MANAUS

2018

HUMBERTO FERREIRA MACHADO NETO

**DESENVOLVIMENTO DE UM BIODIGESTOR DE TAMBOR METÁLICO, PARA
OBTENÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE ESTERCO
BOVINO E/OU EQUINO PARA USO EM COMUNIDADES RURAIS DO
AMAZONAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial à obtenção do título de
bacharel em Engenharia Mecânica da
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)

Orientador: Prof. MSc. Adalberto Gomes de Miranda

**MANAUS
2018**

HUMBERTO FERREIRA MACHADO NETO

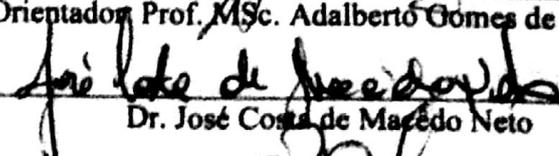
**DESENVOLVIMENTO DE UM BIODIGESTOR DE TAMBOR METÁLICO, PARA
OBTENÇÃO DE BIOGÁS E BIOFERTILIZANTES A PARTIR DE ESTERCO
BOVINO E/OU EQUINO PARA USO EM COMUNIDADES RURAIS DO
AMAZONAS**

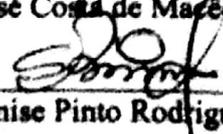
Este Trabalho de conclusão de Curso foi considerado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora.

Manaus, 13 de junho de 2018

Banca examinadora:


Orientador Prof. MSc. Adalberto Gomes de Miranda


Dr. José Costa de Macedo Neto


Dra. Solenise Pinto Rodrigues Kimura

“Sejam fortes e corajosos. Não tenham medo e nem fiquem apavorados por causa delas, pois o Senhor, o seu Deus, vai com vocês; nunca os deixará, nunca os abandonará”.

(Deuteronômio 31:6)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus, por ter me dado de presente o dom da vida e inteligência para realização deste trabalho.

Aos meus pais Humberto e Ana Cláudia, que sempre me incentivaram a seguir o caminho dos estudos e me apoiaram nas minhas escolhas.

Aos meus avós, tios, irmãs que acreditaram em mim, e de alguma forma sempre me ajudaram e me apoiaram nesta caminhada.

Amigos, aos velhos e novos que fiz durante a minha caminhada, mais do que nunca foram muito importantes na minha vida para concluir esta etapa.

Professores, ao meu orientador professor MSc. Adalberto Miranda, pelo incentivo, humildade, apoio, sempre me ajudando no que precisava para a realização deste trabalho e ao professor Dr. José Costa, por ter cedido um espaço do Laboratório de P&D (Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento) para o desenvolvimento do Biodigestor.

A todos estes, o meu muito obrigado.

RESUMO

As fontes alternativas de energia estão ganhando cada vez mais espaço na atualidade, e devido ao aumento agravante da poluição do ar e dos solos. O biodigestor, equipamento que transforma matéria orgânica em biogás, tem se tornado mais popular e chama a atenção das comunidades rurais. A falta de destino adequado para os dejetos dos animais em fazendas, é um problema grave, pois afetam diretamente os solos e o ar e em grandes quantidades, e a falta de informação dificulta a vida destas comunidades, que desconhecem o mal que isso causa. Este projeto teve como objetivo, dimensionar e desenvolver um modelo de biodigestor de tambor metálico para a produção do biogás e biofertilizantes, a partir da decomposição de esterco equino ou bovino, que podem ser encontrados em várias comunidades rurais do nosso estado como também em escolas de equitação e usar o biogás como substituto do gás GLP, para que se possa utiliza-lo das mais diversas maneiras. Este modelo de biodigestor é muito simples, fácil de se construir, seguro e barato, e tem a mesma eficiência de modelos mais complexos. A metodologia usada foi a de pesquisas exploratórias e descritivas, baseando-se em pesquisas de livros e artigos publicados, para facilitar a compreensão no estudo e desenvolvimento deste trabalho.

Palavras-chave: Biodigestor. Biogás. Biofertilizantes. Comunidades rurais.

ABSTRACT

The alternative sources of energy are gaining more and more space nowadays, and due to the increase in aggravating the pollution of the air and soil. The biodigester, the outfit that turns organic matter into biogas, has become more popular and catch the attention of rural communities. The lack of appropriate destination to the waste of animals on farms is a serious problem, because directly affect the soil and the air and in large amounts, and the lack of information makes it difficult the life of these communities, that know not the evil that it will cause. This project aims to scale up and to develop a model of biodigester drum metal for the production of biogas and biofertilizers, from the decomposition of manure, equine or bovine, which can be found in many rural communities of our state, and to use the biogas as a substitute for gas LPG, so that you can use it in many different ways. This model of the biodigester is very simple, easy to construct, safe, and inexpensive, and has the same efficiency than more complex models. The methodology used was exploratory and descriptive research, based on research in published books and articles, to facilitate the understanding in the study and development of this work.

Key words: Biodigester. Biogas. Biofertilizers. Rural communities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Etapas do processo de digestão anaeróbica.....	17
Figura 2 –	Biodigestor modelo indiano.....	22
Figura 3 –	Biodigestor modelo chinês.....	23
Figura 4 –	Biodigestor modelo batelada.....	24
Figura 5 –	Tambor metálico.....	29
Figura 6 –	Furo lateral.....	29
Figura 7 –	Joelho 45°.....	30
Figura 8 –	Dimensões joelho 45°.....	30
Figura 9 –	Tubo PVC aquatherm.....	30
Figura 10 –	Dimensões tubo PVC aquatherm.....	31
Figura 11 –	Corte no tubo PVC.....	31
Figura 12 --	Válvula de esfera para gás com redutor.....	32
Figura 13 –	Biodigestor em três vistas.....	32
Figura 14 –	Biodigestor de tambor metálico.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Porcentagens de gases no biogás.....	19
Tabela 2 –	Equivalências do Biogás e Matéria-prima.....	19
Tabela 3 –	Comparação do biogás com combustíveis usuais.....	20
Tabela 4 –	Definição das dimensões do modelo indiano.....	22
Tabela 5 –	Definição das dimensões do modelo chinês.....	23
Tabela 6 –	Definição das dimensões do modelo batelada.....	25
Tabela 7 –	Índices de produção de biogás e GLP.....	25
Tabela 8 –	Materiais e custos.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT –	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE –	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
CO₂ –	Dióxido de Carbono
GLP –	Gás Liquefeito de Petróleo
kg –	Quilograma
O₂ –	Oxigênio
CH₄ –	Metano
PME –	Programa de Mobilização Energética
ph –	Potencial de Hidrogênio
H₂ –	Hidrogênio
H₂S –	Ácido Sulfídrico
H₂O -	Água
N₂ –	Nitrogênio
m³ –	Metro Cúbico
EST –	Escola Superior de Tecnologia
L –	Litro
kWh –	Quilowatt-hora
°C –	Graus Celsius
P –	Fósforo
K –	Potássio
cm –	Centímetros
mm -	Milímetros
D_{int} –	Diâmetro Interno
D_{ext} –	Diâmetro Externo

H_{int} –	Altura Interna
H_{ext} –	Altura Externa
E –	Espessura
r –	Raio
$V_{\text{máx}}$ –	Volume Máximo
π –	Pi

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO.....	13
1.1.DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS E HIPÓTESES.....	14
1.2.OBJETIVO GERAL.....	15
1.2.1.Objetivos Específicos.....	15
1.2.2 Justificativa.....	15
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1.BIOGÁS.....	16
2.1.1.História do biogás.....	16
2.1.2.Formação do biogás.....	17
2.1.2.1.Hidrólise.....	18
2.1.2.2.Fermentação.....	18
2.1.2.3.Oxidação anaeróbica.....	18
2.1.2.4.Formação do metano.....	18
2.1.3.Composição.....	18
2.1.4.Fatores que influenciam na produção do biogás.....	20
2.1.5.Biofertilizantes.....	20
2.2.BIODIGESTOR.....	21
2.2.1.Conceituação.....	21
2.2.2.Tipos de biodigestores.....	21
2.2.2.1.Modelo indiano.....	21
2.2.2.2.Modelo chinês.....	22
2.2.2.3.Modelo batelada.....	24
2.3.PRODUTIVIDADE DO BIOGÁS.....	25
3.METODOLOGIA.....	26

3.1.MÉTODO.....	12
3.2.TÉCNICA.....	26
3.3.PROCEDIMENTO.....	26
4.ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	33
4.1.DIMENSIONAMENTO.....	33
4.1.2.Resultados.....	35
5.CONCLUSÕES.....	36
5.1.SUJESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	36
6.REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Têm-se observado o aumento da temperatura média do planeta, de forma intensa e constante, devido ao abuso da ação humana em relação aos recursos naturais do nosso planeta, que se agravaram após a revolução industrial no fim do século XVIII, que foi um grande avanço nas tecnologias, e cada vez mais buscava-se melhorar o bem-estar do homem. A Revolução trouxe facilidades e melhorias, porém, a grande quantidade de petróleo e carvão por exemplo, usados desde essa época até os dias atuais, são altamente prejudiciais ao meio ambiente, tal como a liberação do dióxido de carbono (CO₂) pelas grandes indústrias, o que forçou o homem a buscar novas fontes e tecnologias sustentáveis, para o bem do meio ambiente.

Atualmente, várias discussões e reuniões sobre a questão energética no mundo inteiro tem sido feitas, pois, a poluição aumenta gradativamente a cada dia que passa, devido à grande utilização de combustíveis fósseis, que além de altamente poluentes, são considerados recursos não renováveis de energia além de serem esgotáveis. Devido há anos de pesquisas e estudos, encontraram-se alternativas viáveis que não prejudicam o meio ambiente e que possuem fontes inesgotáveis para a produção de energia, são as Fontes Renováveis, e uma das várias formas de se produzir energia renovável, é através da Biomassa. Este recurso usado para fins energéticos é bastante antigo, até o século XVIII a principal fonte de energia da humanidade era a lenha.

Apenas nos séculos XIX e XX com a progressiva inserção dos combustíveis fósseis, a biomassa foi relegada a um plano secundário na matriz energética global, sendo considerada uma fonte alternativa. Em vários países e inclusive no Brasil, a utilização da biomassa como combustível em diversas escalas vem sendo objeto de vários estudos (GALDINO et al, 2012), e como no nosso país, o número de habitantes em comunidades predominantemente rurais é bastante elevado, cerca de 60,4% da população (IBGE, 2017), uma alternativa que tem obtido sucesso tanto economicamente quanto sustentavelmente nessas comunidades de todo o país, são os Biodigestores.

Nem todos sabem da importância do manejo adequado de resíduos que se fazem muito importantes para a preservação do meio ambiente, assim como para a promoção e proteção da saúde do homem (GOUVEIA, 2012), e nas comunidades rurais, onde a população ganha o seu sustento tanto na agricultura quanto na pecuária, nem sempre dão total importância ao destino dos dejetos dos animais, o que continua gerando problemas na poluição, e até mesmo na saúde humana.

O biodigestor surgiu como uma alternativa sustentável, para a fração orgânica dos dejetos de animais e outras matérias orgânicas e como uma solução simplificada e apropriada para o saneamento dessas comunidades, e principalmente como fonte de energia.

1.1 DEFINIÇÃO DOS PROBLEMAS E HIPÓTESES

- A falta de estrutura adequada para o destino dos dejetos de animais em comunidades rurais é um grande problema no nosso país?
- As fontes alternativas de energia podem contribuir para a sociedade?
- Qual seria uma boa forma de se reaproveitar os dejetos de animais, para diminuir a poluição do meio ambiente?
- Quais os benefícios do Biodigestor para a qualidade de vida das pessoas?

Como hipóteses para estes problemas, temos que:

- I. As fontes alternativas de energia são formas de contribuir para a economia e para a redução de impactos ambientais na sociedade. Pode ser obtida pelo funcionamento de um biodigestor, construído de forma simples com material de fácil acesso na sociedade (tambor metálico), que produzirá o biogás a partir da decomposição de dejetos de animais, colocados em seu interior. Este gás é menos poluente e poderá servir como combustível para movimentar geradores elétricos, fogões residenciais ou industriais.
- II. O desenvolvimento de biodigestores é sem dúvida uma ótima opção para o reaproveitamento de dejetos de animais, não só para a poluição dos rios, lençóis freáticos e diminuição dos gases que provocam o efeito estufa, mas servindo ainda, para transformar tal matéria-prima em biofertilizantes.
- III. Além de um grande benefício econômico, o desenvolvimento de biodigestores também pode trazer melhorias significativas para a qualidade de vida das pessoas, tais como usar o biogás produzido para substituir o gás GLP em fogão doméstico, lampião, pois o mesmo é fonte renovável.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um biodigestor de tambor metálico para decompor quimicamente o esterco bovino ou equino e produzir o biogás, para utilização como gás de cozinha assim como outras utilidades energéticas e aproveitar o biofertilizante como adubo ou outras formas de materiais compósitos.

1.2.2 Objetivos Específicos

Dimensionar as tubulações superiores de alimentação de esterco e de saída de gás metano, assim como a tubulação inferior de produtos da decomposição química em um tambor metálico.

Adquirir em sítios, fazendas ou outros locais próximos a cidade de Manaus, entre 20 e 30 kg de esterco bovino ou equino para introdução no biodigestor.

Planejar o local para receber o biogás e o produto da decomposição química do biodigestor.

Apresentar o desenvolvimento de estudos e trabalhos futuros em laboratório de energia para receber este protótipo de biodigestor na área de Engenharia Mecânica e áreas afins.

1.2.3 Justificativa

Como a sociedade está cada vez mais preocupada com a poluição no meio ambiente, devido ao grande aumento da mesma nas últimas décadas, as utilizações de fontes renováveis de energia estão sendo cada vez mais visadas e utilizadas para a diminuição na emissão de gases no efeito estufa, minimização da poluição dos solos e rios, sendo uma alternativa bastante viável, econômica e sustentável. E como nas comunidades rurais, a quantidade de dejetos de animais se encontra em abundância, e na maioria das vezes os proprietários não sabem lidar com o destino dos mesmos, a construção do biodigestor surge como uma alternativa para facilitar a vida nestas comunidades.

O estudo realizado neste trabalho tem como finalidade a geração do biogás através da construção de um biodigestor caseiro, com o intuito de comprovar algumas vantagens desta tecnologia para melhorar a vida da sociedade rural, como também da urbana, porém o maior uso desta fonte alternativa está no meio rural. Tais melhorias como o uso do gás metano para

substituir o gás GLP (gás de cozinha), trazendo economia juntamente com sustentabilidade. Mais interessante ainda neste estudo, é a facilidade na elaboração, construção, manuseio e manutenção do biodigestor. Procurou-se construir um protótipo de baixo custo, de dimensões reduzidas, mas funcional, que pudesse ser instalado e construído no próprio local.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BIOGÁS

2.1.1 História do Biogás

A digestão anaeróbica na natureza, se desenvolve em vários ambientes favoráveis tais como lagos, pântanos entre muitos outros. Tais sistemas anaeróbicos possuem uma concentração muito baixa de oxigênio (O_2), o que facilita a geração do biogás, o que levou o homem a estudar e tomar conhecimento das muitas utilidades desse gás, a partir destes ambientes (GRYSCHK, 1983), e de acordo com registros existentes, os primeiros estudos sobre o biogás foram feitos em meados de 1600. Mais de um século depois, em 1776, o físico italiano Alessandro Volta depois de dois anos de estudo, conseguiu identificar a presença de um gás inflamável nesta composição, denominado de Metano (CH_4). Já em 1884, o cientista francês Louis Pasteur considerou a possibilidade de que tal fermentação anaeróbica podia constituir uma fonte de aquecimento e iluminação.

O biogás, até pouco tempo era apenas conhecido com um subproduto obtido a partir da decomposição anaeróbica de lixo urbano, esterco de animais, entre outros, porém, com o grande avanço no desenvolvimento econômico nos últimos anos e o crescimento acentuado dos combustíveis convencionais, encorajou a investigação e produção de energia através de fontes renováveis, que poupariam ainda os recursos naturais esgotáveis.

Durante a Segunda Guerra mundial, devido à escassez e a dificuldade de acesso a fontes fósseis, ocorreu o segundo ciclo do biogás, reacendendo o interesse pela utilização do mesmo tanto para iluminação de casas, como para alimentação de motores de combustão interna.

Estudos relatam que os primeiros países a utilizarem o processo de biodigestão com finalidade energética, foram a China e a Índia, que desenvolveram seus próprios modelos (NOGUEIRA, 1986).

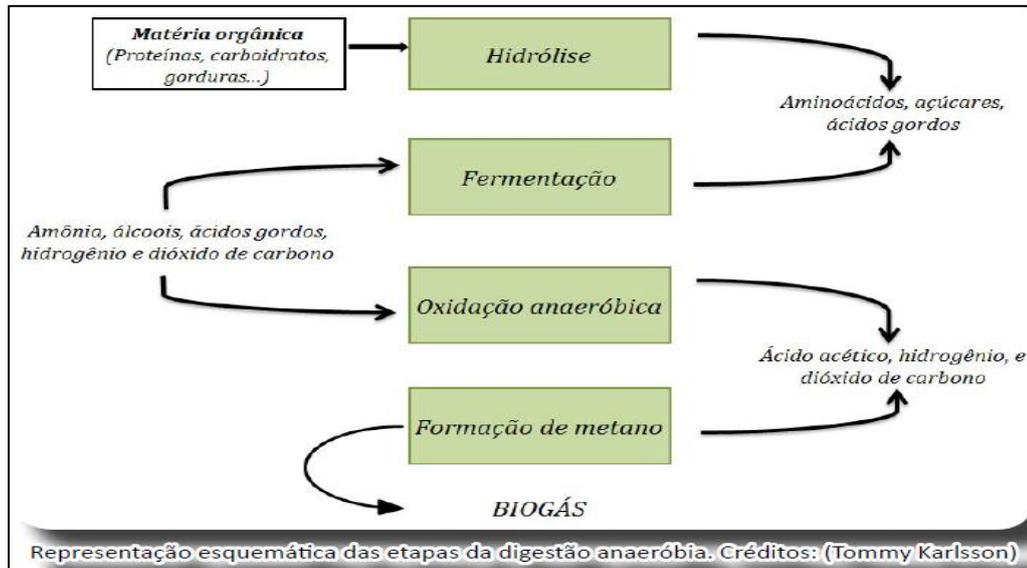
No Brasil, o interesse pelos biodigestores teve início após a crise do petróleo da década de 70, e em novembro de 1979 na Granja do Torto em Brasília, foi construído um dos primeiros biodigestores do país. Esse projeto foi muito importante, pois demonstrou ser

possível instalar uma unidade produtora de biogás com a utilização de materiais simples e de baixo custo, e no início da década de 80, este projeto incentivou o próprio governo no Programa de Mobilização Energética (PME), a estimular a sua instalação em propriedades rurais, este foi o primeiro ciclo da utilização do biogás no Brasil. Em meados dos anos 2000 teve-se o segundo ciclo da utilização do biogás no Brasil, desta vez com o avanço da tecnologia, os biodigestores foram cada vez mais utilizados e a produção foi muito maior que no primeiro ciclo, em especial em propriedades rurais com criação de suínos de médio e grande porte, visando a coleta e a combustão do biogás. Estima-se que cerca de 1000 biodigestores foram produzidos no Brasil entre 2005 e 2013, considerando os incentivos financeiros do crédito do carbono.

2.1.2 Formação do Biogás

O biogás é constituído basicamente por uma mistura de gás metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) e também outros gases em menor quantidade. Para que o mesmo possa ser produzido a partir de materiais orgânicos, são necessárias uma série de fatores como pH, temperatura e tipo de substrato, e ambos afetam a composição dessa mistura gasosa. Para que haja formação do gás metano a partir de material orgânico, é importante que não haja oxigênio (O_2) no meio ambiente (KARLSSON, et. al., 2014).

Na figura 1, têm-se a representação esquemática do processo de digestão anaeróbica, para a formação do biogás, que se divide em quatro etapas: Hidrólise, Fermentação, Oxidação Anaeróbica e Formação do Metano. A seguir, será caracterizada as etapas descritas.

Figura 1: Etapas do processo de digestão anaeróbica

Fonte: (KARLSSON, 2014).

2.1.2.1 Hidrólise

Este processo, consiste em converter a matéria orgânica em moléculas menores através da ação de bactérias hidrolíticas para que os microrganismos consigam se alimentar delas. A quebra das moléculas do material orgânico faz com que os microrganismos absorvam as pequenas partes do material orgânico e tirem proveito da energia que nelas estão contidas. A velocidade do processo vai depender do tipo de material e de como este é estruturado.

2.1.2.2 Fermentação

O que vai acontecer nesta etapa, vai depender do tipo de material orgânico que é adicionado ao processo, assim como dos microrganismos que estão disponíveis no sistema. Os microrganismos que estavam ativos na etapa anterior, também estarão ativos nesta etapa, sempre se quebrando em moléculas menores. Também nesta etapa, são formados os ácidos por meio das reações, e dividem-se em orgânicos, álcoois e amoníaco, além de hidrogênio (H_2) e dióxido de carbono (CO_2).

2.1.2.3 Oxidação Anaeróbica

Nesta etapa, as moléculas rompidas nas fases anteriores, se quebram em moléculas ainda menores através da oxidação anaeróbica, porém é necessário que haja uma boa interação entre os microrganismos que produzem o metano (CH_4). Os materiais resultantes das etapas anteriores são transformados em ácido acético, hidrogênio e dióxido de carbono, e

é uma etapa delicada, pois é necessário manter o equilíbrio para que as bactérias consumam o hidrogênio gerado.

2.1.2.4 Formação do Metano

Nesta última e mais importante etapa, ocorre a formação do metano (CH_4), sendo as bactérias atuantes obrigatoriamente anaeróbicas e sensíveis as mudanças no meio. O metano formado pelos microrganismos metanogênicos para sua formação, necessitam de ácido acético e CO_2 , entre outros de menor importância.

2.1.3 Composição

O biogás é um composto gasoso, que é constituído em média por 59% de gás metano (CH_4), 40% de gás carbônico (CO_2) e 1% de gases-traço, entre eles o gás sulfídrico (H_2S) (BLEY, 2014). Dentre os gases presentes no biogás, o metano (CH_4) se destaca pela maior concentração e também confere pela característica inflamável a mistura, e o gás sulfídrico (H_2S), apesar da pouca quantidade, se destaca pelo alto poder de corrosão sobre ligas metálicas, o que pode acarretar na vida útil do biodigestor, se o material for metálico.

Na Tabela 1, apresenta-se as porcentagens dos principais componentes do biogás:

Tabela 1 – Porcentagens de gases no biogás.

Gases	Porcentagem
Metano	55 – 65
Gás Carbônico	35 – 45
Nitrogênio	0 – 3
Hidrogênio	0 – 1
Oxigênio	0 – 1
Gás Sulfídrico	0 – 1

Fonte: (MAGALHÃES, 1986).

Na Tabela 2, apresenta-se a equivalência de 1m^3 de biogás com as devidas matérias-primas que poderão contribuir para a quantidade de esterco a ser colocada no biodigestor para o processos de decomposição da matéria e produção de gás metano:

Tabela 2 – Equivalências do Biogás e Matéria-prima.

Biogás	Matéria-prima
1m ³	25 Kg de esterco bovino
1m ³	5 Kg de esterco de galinha
1m ³	12 Kg de esterco suíno
1m ³	25 Kg de plantas
1m ³	20 Kg de lixo

Fonte: (BARREIRA, 2011).

Na Tabela 3, apresenta-se a relação comparativa entre o biogás e os combustíveis usuais, ou seja, tem a finalidade de comparar a quantidade de gás metano produzido pelo protótipo do biodigestor construído na EST e a quantidade de combustíveis que são utilizados pela sociedade:

Tabela 3 – Comparação do biogás com combustíveis usuais.

Biogás	Combustíveis usuais
1m ³	0,61 L de gasolina
1m ³	0,57 L de querosene
1m ³	0,55 L de óleo diesel
1m ³	0,45 Kg de gás liquefeito
1m ³	0,79 L de álcool combustível
1m ³	1,54 Kg de lenha
1m ³	1,43 kWh de energia elétrica

Fonte: (DEGANUTTI, 2002).

2.1.4 Fatores que influenciam na produção do biogás

Dentro do biodigestor a matéria orgânica é processada por bactérias, que são responsáveis pela produção do biogás e o biofertilizante de qualidade, mas para que isto ocorra de forma correta, deve-se criar um ambiente adequado para as bactérias. Eis abaixo os principais fatores que influenciam na produção do biogás (MAGALHÃES, 1986):

- Temperatura: para um melhor desenvolvimento da produção do biogás, são necessárias temperaturas mais altas em torno de 28°C a 35°C, já em temperaturas abaixo de 15°C, a produção se torna lenta.

- pH: as bactérias metanogênicas, que participam da produção do biogás, tem um bom rendimento na faixa de pH entre 6,6 e 7,4. Valores abaixo de 6,0 ou acima de 8,0 prejudicam de forma considerável a produção do mesmo, podendo inibir por completo a sua produção.

- Tempo de retenção: em média, para uma boa produção do biogás, a matéria deve permanecer no biodigestor de 30 a 40 dias para uma boa degradação, podendo variar de acordo com o tamanho do mesmo.

- Excesso de água: água em excesso pode reduzir a qualidade dos dejetos, afetando diretamente na boa produção do biogás, devendo-se sempre colocar em quantidade adequada.

2.1.5 Biofertilizantes

Segundo Toledo (1995), biofertilizante é o nome dado ao resíduo aquoso de origem orgânica, que pode ser utilizado na fertilização do solo, que tem origem da fermentação de resíduos em biodigestores. Tal material é isento de causadores de doenças a plantas e solos, não apresenta odor, não atraindo insetos e causadores de doenças.

De acordo com Massoti (2002), o biofertilizante pode ser usado como adubo tanto no solo puro, quanto na formação de compostagem. O mesmo contribui para a melhoria do solo, tanto nas propriedades físicas quanto químicas, além de ajudar nas atividades microbianas do mesmo, ele pode ser aplicado diretamente na forma líquida ou desidratada. A composição média do biofertilizante é de 1,5 a 4,0% de Nitrogênio (N), 1,0 a 5,0% de fósforo (P), 0,5 a 3,0% de potássio (K), além de vários outros nutrientes como o cálcio, magnésio, ferro, manganês entre outros, que garantem vantagens para sua utilização como complemento ou substituto de adubos químicos. Apresenta um pH levemente alcalino que varia entre 7,0 e 8,0, que fortalece o crescimento de microrganismos muito úteis ao solo.

2.2 BIODIGESTOR

2.2.1 Conceituação

O biodigestor é uma câmara fechada onde ocorre a degradação da matéria orgânica por ação microbiológica, num processo bioquímico denominado digestão anaeróbica, que tem como resultado a produção do Biogás e biofertilizantes (MAGALHÃES, 1986). Geralmente o

biodigestor possui uma entrada, onde será depositada a matéria orgânica, um tanque onde ocorre a digestão anaeróbica e uma saída para a retirada dos subprodutos.

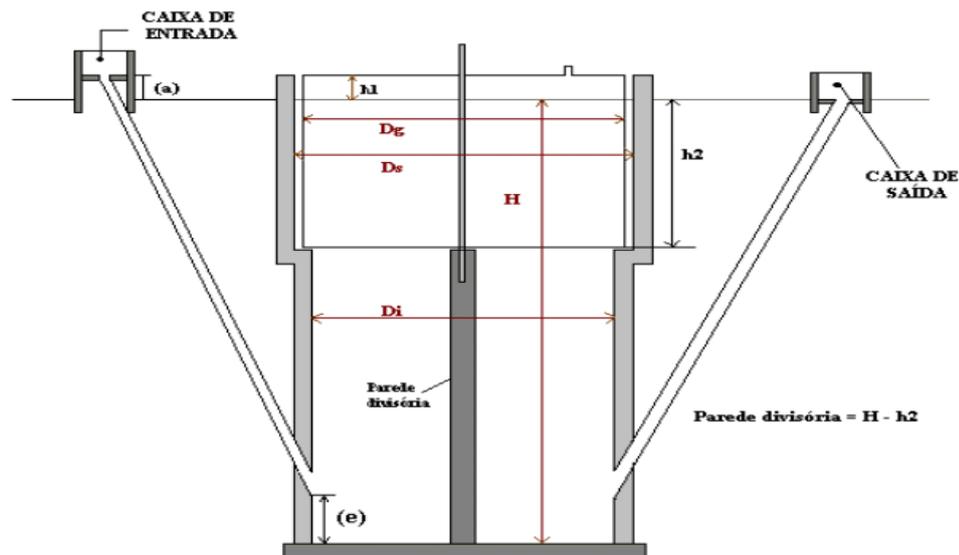
2.2.2 Tipos de Biodigestores

2.2.2.1. Modelo Indiano

Segundo Tarrento (2006), este modelo é caracterizado por possuir uma campânula que é uma espécie de tampa conhecida como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa ou pode estar em um selo d'água externo. Sua estrutura é composta basicamente por uma parede central que divide o tanque de fermentação de duas câmaras, para assim permitir que o material circule dentro da mesma. Uma das vantagens deste modelo, é que como o mesmo é enterrado no solo, ocorre o aumento da temperatura interna, o que melhora a produção do biogás, e também ocupa pouco espaço no terreno, pois ele é mais extenso verticalmente.

Este modelo possui algumas desvantagens, tais como se o material da cúpula for de metal, pode ocorrer o problema da corrosão, que pode ser resolvido fazendo uma pintura com antioxidante, outra desvantagem é que pode ocorrer o entupimento dos tubos de comunicação entre a caixa de carga e o digestor.

Figura 2 – Biodigestor modelo indiano



Fonte: (DEGANUTTI, 2002).

Na tabela 4, apresenta-se a legenda da figura 2:

Tabela 4 – Definição das dimensões do modelo indiano

Símbolo	Descrição
H	Altura do nível do substrato
Di	Diâmetro interno do biodigestor
Dg	Diâmetro do gasômetro
Ds	Diâmetro interno da parte superior
h1	Altura ociosa (reserva de biogás)
h2	Altura útil do gasômetro
A	Altura da caixa de entrada
e	Altura da entrada da tubulação

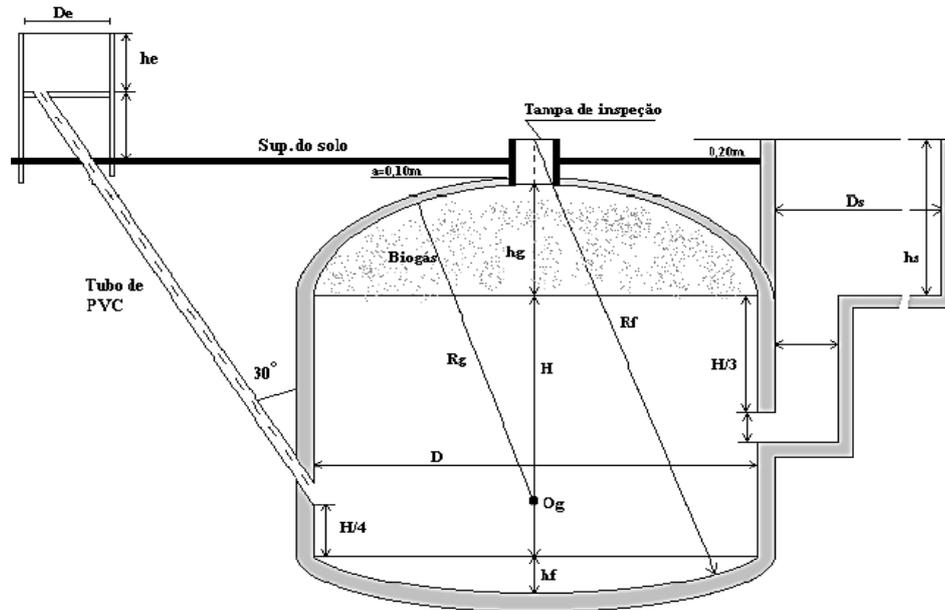
Fonte: (DEGANUTTI, 2002)

2.2.2.2 Modelo Chinês

Segundo Gaspar (2003), este modelo tem um sistema de fermentação vertical e cúpula fixa de alta taxa. Pode ser construído totalmente em alvenaria de tijolos ou em concreto, e abaixo do nível do solo, com teto impermeável destinado ao armazenamento do biogás. O funcionamento desse modelo, baseia-se no princípio da prensa hidráulica, ocorrendo elevações de pressão no interior do mesmo, resultantes do acúmulo do biogás, que resultará a movimentação do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída e em sentido contrário quando ocorrer um alívio na pressão.

Uma vantagem deste modelo, é o baixo custo em relação aos outros, pois a cúpula é feita em alvenaria, outra vantagem é a pouca variação de temperatura no seu interior, pois o mesmo é completamente enterrado no solo. Este modelo possui também algumas desvantagens, como a limitação ao tipo de solo, pois sua construção em solos superficiais não é indicada, outra desvantagem deste modelo, é que o mesmo não é próprio para acúmulo de gás, pois sua reserva de gás é menor, sendo mais indicado na produção de biofertilizante.

Figura 3 – Biodigestor modelo chinês



Fonte: (DEGANUTTI, 2002)

Na tabela 5, apresenta-se a legenda da figura 3:

Tabela 5 – Definição das dimensões do modelo chinês

Símbolo	Descrição
D	Diâmetro do corpo cilíndrico
H	Altura do corpo cilíndrico
Hg	Altura da calota do gasômetro
hf	Altura da calota do fundo
Og	Centro da calota esférica do fundo
he	Centro da calota esférica do gasômetro
De	Altura da caixa de entrada
hs	Diâmetro da caixa de entrada
Ds	Altura da caixa de saída
A	Afundamento do gasômetro

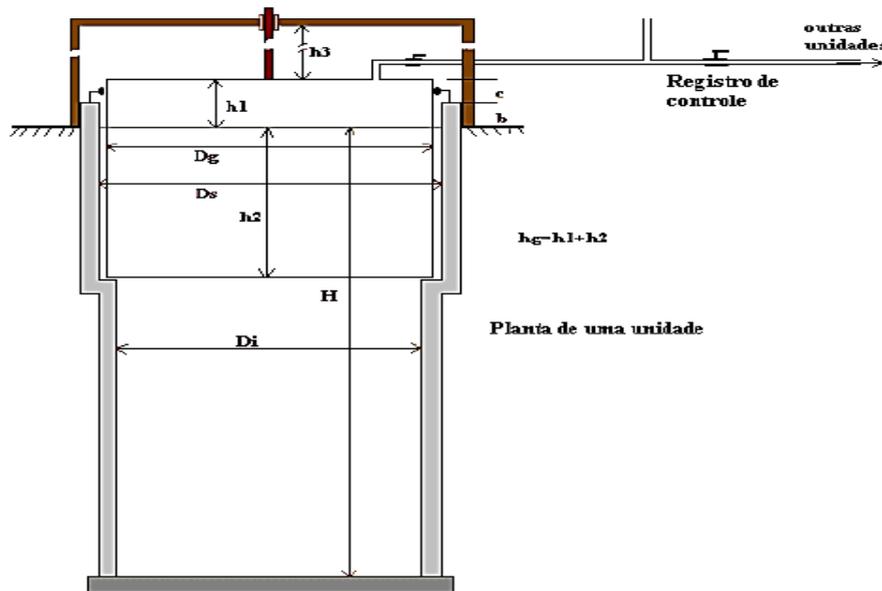
Fonte: (DEGANUTTI, 2002)

2.2.2.3. Modelo Batelada

De acordo com Deganutti et. al (2002), este modelo é caracterizado por um sistema bem simples e sem grande exigência operacional. Sua instalação pode ser feita em apenas um tanque anaeróbico, ou vários em série. O material é descarregado após a fermentação por um

certo período de tempo para a produção do biogás. Neste modelo, a biomassa permanece nesse reservatório fechado até que o ciclo de digestão esteja completo, ou seja, quando termina a produção do biogás indica que o ciclo está completo e pronto para receber mais matéria orgânica. O modelo batelada, é mais indicado e adapta-se melhor quando a disponibilidade de resíduos ocorre em períodos mais longos (JORGE e OMENA, 2012 *apud* FRIGO *et. al.*, 2015).

Figura 4 – Biodigestor modelo batelada



Fonte: (DEGANUTTI, 2002)

Na tabela 6, apresenta-se a legenda da figura 4:

Tabela 6 – Definição das dimensões do modelo batelada

Símbolo	Descrição
Di	Diâmetro interno do biodigestor
Ds	Diâmetro interno da parede superior
Dg	Diâmetro do gasômetro
H	Altura do nível do substrato
h1	Altura ociosa do gasômetro
h2	Altura útil do gasômetro
h3	Altura útil para deslocamento do gasômetro
b	Altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato
c	Altura do gasômetro acima da parede do biodigestor

Fonte: (DEGANUTTI, 2002)

2.3 PRODUTIVIDADE DO BIOGÁS

De acordo com BGS (2013), para se produzir biogás a partir de esterco animal, vários fatores podem influenciar na produção do mesmo, tais como a quantidade de esterco obtida, a composição que varia de acordo com a alimentação do animal, assim como também variáveis externas, temperatura ambiente, eficiência do biodigestor, entre outras.

Na tabela 7, apresentam-se índices médios de produção de biogás por dia, baseados em algumas situações experimentais para se calcular aproximadamente a produção do biogás para vários tipos de animais (BGS, 2013).

Tabela 7 – Índices de produção de biogás e GLP

Esterco	Esterco (Kg/dia)	Biogás (m³/Kg)	GLP (Kg/dia)
Cachorro	0,33	0,035	0,0052
Galinha	0,18	0,090	0,0073
Suínos	2,5	0,075	0,084
Bovino de corte	10	0,040	0,180
Bovino de leite	10	0,049	0,221
Equino	10	0,048	0,216

Fonte: (Adaptado de BGS, 2013)

3. METODOLOGIA

3.1 Método

Utilizou-se neste trabalho o método de pesquisa exploratória e descritiva. Na primeira parte da pesquisa utilizaram-se vários livros. A pesquisa exploratória tem como objetivo proporcionar ao pesquisador uma maior afinidade com o problema proposto, visando torná-lo explícito ou construir hipóteses sobre o mesmo. Na sua grande maioria, a pesquisa exploratória envolve levantamento bibliográfico, entrevistas e análise de exemplos que facilitem a compreensão do assunto (GIL, 2007).

Neste projeto, a pesquisa bibliográfica foi de suma importância para a compreensão, como também exemplos que facilitaram o entendimento do assunto. Na segunda parte do projeto, utilizou-se a pesquisa descritiva, analisando o biodigestor, suas características e benefícios na vida das pessoas. A pesquisa descritiva pretende descrever os fatos e fenômenos de determinado fenômeno (TRIVIÑOS, 1987).

Utilizou-se o formato de pesquisa qualitativa trabalha os dados, buscando seu significado baseando-se na percepção do fenômeno dentro do seu contexto, constituindo o pesquisador no instrumento principal (TRIVIÑOS, 1987).

3.2 Técnica

De acordo com Lakatos e Marconi (2007), a pesquisa bibliográfica engloba toda bibliografia que já foi publicada em ligação ao tema de estudo, tanto de livros, revistas, teses, monografias, jornais, boletins, material cartográfico, etc. Neste trabalho, serão utilizadas técnicas de busca de informação relacionado ao tal assunto em monografias, artigos já publicados, bibliografias e experimentos. Também serão utilizadas neste trabalho, técnicas matemáticas para o dimensionamento completo do biodigestor.

A metodologia de construção de um equipamento do tipo biodigestor será realizada pela criação um protótipo, que poderá ser utilizado didaticamente, assim como, para atender à atividades de fornecimento de gás e biofertilizantes à sociedade.

3.3 Procedimentos

Buscou-se neste projeto, utilizar-se materiais com boa resistência a altas temperaturas, pois sabemos que a região norte apresenta temperaturas que variam bastante, sendo muito altas, como também, materiais de valores acessíveis sem perder a qualidade. O principal componente do biodigestor neste projeto, é o tambor metálico.

A seguir, seguem os passos que utilizamos para o desenvolvimento do biodigestor.

1º Passo: Aquisição dos seguintes materiais:

01 (um) tambor metálico, do tipo tambor de óleo vazio, de 207 Litros, que pode ser encontrado no comercio local;

01 (um) tubo de PVC reforçado de espessura 5mm e diâmetro 54mm;

01 (um) CAP de PVC de 54mm de diâmetro;

01 (um) joelho de 45° e 54mm de diâmetro;

01 (uma) válvula globo de ½” para gás;

01 (um) niple metálico de ¾” (entrada) e ½” (saída);

01 (um) manômetro para medir a pressão do gás no biodigestor;

01 (uma) mangueira para gás de 1m com certificação da ABNT;

02 (duas) braçadeiras de ½” para prender as mangueiras nos bicos de gás;

01 (um) Funil ou equivalente, de PVC, de 54mm de diâmetro para introdução do esterco no biodigestor;

01 (um) balde de plástico, de 5 a 10 Litros para o biofertilizante;

02 (dois) pares de luvas plásticas descartáveis;

02 (dois) Jalecos de mangas compridas para manipulação do equipamento e materiais;

02 (duas) máscaras descartáveis;

01 (um) furadeira;

01 (um) tubo de cola para vedação dos tubos;

30 quilogramas de esterco bovino ou equino (este só deve ser adquirido depois de pronto o biodigestor);

2º Passo: Realizar todas as medições de diâmetro, altura, espessuras e volume do tambor vazio;

3º Passo: Medir altura de 300mm e fazer o furo de 54mm em um lado do tambor diferente das demais conexões, para introdução, vedação e fixação do tubo de saída do biofertilizante;

4º Passo: Medir $\frac{3}{4}$ " de diâmetro na parte superior do tambor e fazer um furo rosqueado;

5º Passo: Rosquear o Niple metálico na parte superior do tambor e depois rosquear a válvula globo de $\frac{1}{2}$ " no Niple;

6º Passo: Conectar uma extremidade da mangueira de gás no bico da válvula globo e apertar com braçadeira a mangueira no bico e na outra extremidade conectar a um bico de fogão e apertar com braçadeira;

7º Passo: Fazer toda a verificação (chek-list) das conexões do biodigestor quanto a forma correta em que foram colocadas. Nestes procedimentos não pode haver dúvidas para evitar vazamentos e contaminações no meio ambiente;

8º Passo: Se na verificação estiver tudo correto, procede-se com a admissão inicial de 30 kg de esterco bovino ou equino, mais 10 litros de H₂O, com tempo estimado de 10 dias de repouso, com observações diárias, para se analisar a capacidade de fermentação e produção tanto do gás CH₄ pelo manômetro quanto do biofertilizante no balde;

19º Passo: Após os 10 dias, fazer o teste na chama do fogão e verificar se há saída do biofertilizante no balde. Caso ainda não esteja ocorrendo a produção de ambos, gás e biofertilizante, aguardar por mais 10 dias e depois testá-los novamente.

Na tabela 8, apresentam-se os materiais e custos utilizados neste projeto.

Tabela 8 – Materiais e custos em 2018

	Lista de Materiais	Qtd	Preço unitário (R\$)	Preço total (R\$)
1	Tambor metálico 207 Lts	1	166,00	166,00
2	Tubo PVC aquatherm 54mm, 3m	1	120,00	120,00
3	CAP de PVC 54mm	1	7,50	7,50
4	Joelho PVC 54mm	1	8,00	8,00
5	Válvula globo de ½”	1	35,00	35,00
6	Niple metálico de ¾” (entrada) e ½” (saída)	1	7,00	7,00
7	Mangueira para gás, 1m	1	Doação	Doação
8	Braçadeiras de ½”	2	3,00	6,00
9	Funil	1	-	-
10	Balde de plástico 10 Lts	1	Doação	Doação
11	Luvas descartáveis	4	3,00	12,00
12	Manômetro		-	-
13	Cola para tubos	1	7,00	7,00
14	Esterco	-	Doação	Doação

Fonte: Autor (2018)

A seguir, serão apresentadas as fotos do processo de desenvolvimento do biodigestor.

Na figura 5, apresenta-se o tambor metálico obtido, o mesmo era usado, porém em ótimo estado, passou por uma lavagem e foi seco.

Figura 5: Tambor metálico (207 L)



Fonte: Autor (2018)

Na figura 6, apresenta-se a execução do furo de 54mm na lateral do tambor, há 300mm da base. Primeiro foi feito um furo central, para não haver afastamento na execução.

Figura 6: Furo lateral



Fonte: Autor (2018)

Na figura 7, apresenta-se o joelho PVC 45° aquatherm, com dois tubos aquatherm de 54mm cortados (15cm cada), o mesmo terá a função de saída do biofertilizante. Primeiro foi feito o corte nos dois tubos, depois usamos uma cola especial, para a fixação com o joelho.

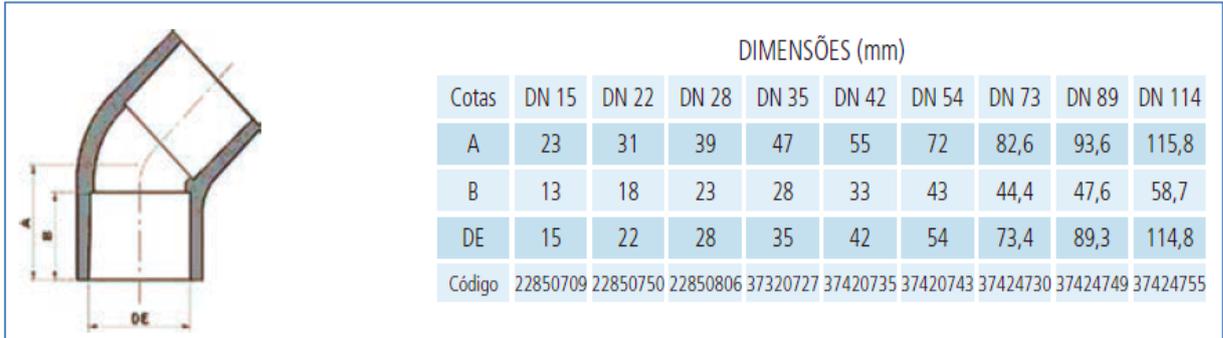
Figura 7: Joelho 45°



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 8, apresentam-se as dimensões do joelho PVC de 45° aquatherm.

Figura 8: Dimensões joelho 45°



Fonte: Catálogo técnico tigre (2018)

Na figura 9, apresenta-se o tubo PVC aquatherm 54mm e 1m de comprimento, que terá a função de entrada do esterco, com a alocação de um funil. Primeiro foi feita a medição precisa, depois foi executado o corte.

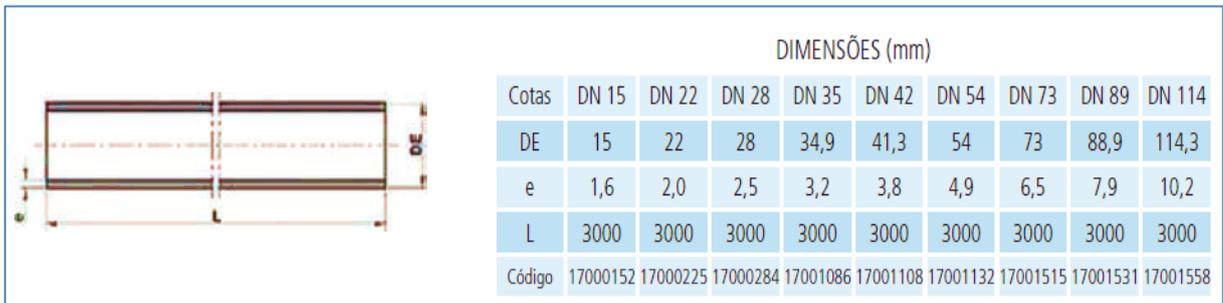
Figura 9: Tubo PVC aquatherm ϕ 54mm



Fonte: Autor (2018)

Na Figura 10, apresentam-se as dimensões do tubo PVC aquatherm.

Figura 10: Dimensões tubo PVC aquatherm



Fonte: Catálogo técnico tigre (2018)

Na Figura 11, apresenta-se o corte no tubo PVC aquatherm, para a entrada do esterco no fundo do biodigestor. Primeiro, foi feita a medida de 25mm na base, e uma altura de 150mm para ser executado o corte.

Figura 11: Corte no tubo PVC



Fonte: Autor (2018)

Na figura 12, apresentam-se a válvula de esfera para gás (1/2", 3/8") e o redutor. Aplicou-se fita veda rosca na válvula e no redutor, onde o mesmo foi rosqueado no furo menor do biodigestor. Esta válvula se unirá na mangueira, para a saída do biogás.

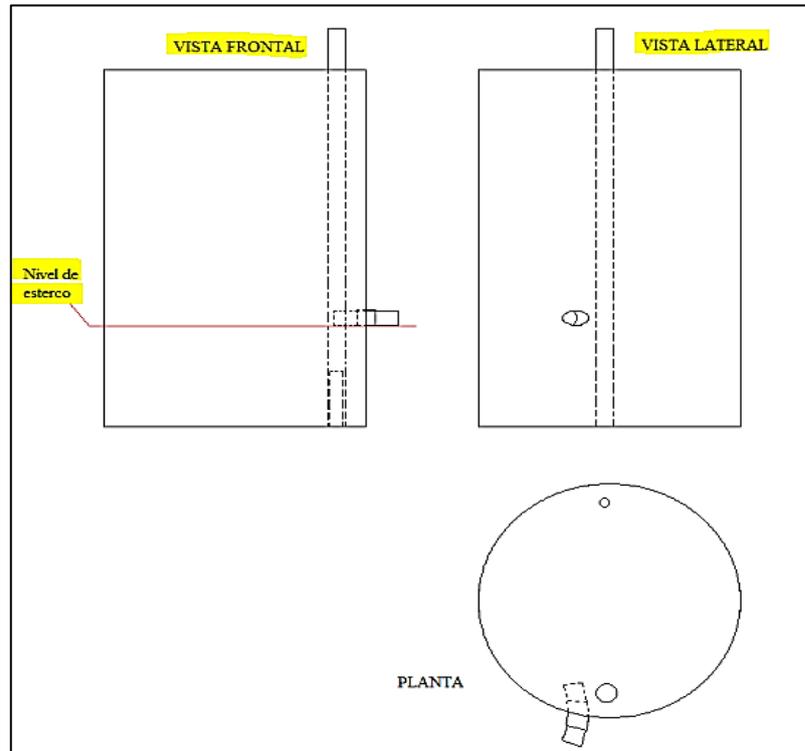
Figura 12: Válvula de esfera para gás com redutor



Fonte: Autor (2018)

Na figura 13, apresenta-se o projeto do biodigestor em três vistas.

Figura 13: Biodigestor em três vistas



Fonte: Autor (2018)

Na figura 14, apresenta-se o biodigestor pronto, já abastecido com 30kg de esterco e 10 litros de H₂O.

Figura 14: Biodigestor de tambor metálico



Fonte: Autor (2018)

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

4.1. Dimensionamento

Para se calcular o volume total de biogás produzido no biodigestor, podemos utilizar as seguintes equações, de acordo com BGS (2013).

Equação 1 para se calcular o volume do biodigestor, no formato cilíndrico.

$$V_{\text{máx}} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (01)$$

Onde:

$V_{\text{máx}}$ = Volume máximo

r = Raio

h = Altura

Equação 2 para se calcular o volume total de biogás produzido por dia.

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3.dia^{-1}] \quad (02)$$

Onde:

VBTP = Volume de biogás total produzido [$m^3.dia^{-1}$]

VB = Volume de biogás produzido por Kg de esterco

QD = Quantidade de esterco produzido por animal por dia

N = Quantidade de animais

Considerando uma pequena fazenda do interior do Amazonas, onde há 3 cavalos, e de acordo com a tabela 7, aproximadamente 10Kg de esterco por dia por animal são produzidos, podemos calcular o volume total de biogás produzido por dia, utilizando nosso biodigestor de tambor metálico, utilizando a equação 2.

$$VBTP = 3 \times 10 \times 0,048$$

$$VBTP = 1,44 m^3.dia^{-1}$$

Volume de gás GLP, também utilizando a equação 2.

$$VBTP = \frac{3 \times 10 \times 0,216}{10}$$

$$VBTP = 0,648 Kg.dia^{-1}$$

Utilizando a equação 1, e com base nas medidas do biodigestor descritas a seguir, encontramos o volume total do mesmo, ainda vazio.

Tambor Metálico:

$$D_{int} = 0,56 \text{ m}$$

$$D_{ext} = 0,60 \text{ m}$$

$$H_{int} = 0,84 \text{ m}$$

$$H_{ext} = 0,88 \text{ m}$$

$$E = 0,004 \text{ m}$$

$$r = 0,28 \text{ m}$$

$$V_{\text{máx}} = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V_{\text{máx}} = 3,14 \cdot (0,28)^2 \cdot 0,84$$

$$V_{\text{máx}} = 0,207 \text{ m}^3$$

E como se demonstrou na figura 13, aproximadamente 1/3 do biodigestor será ocupado pelo esterco, logo, o tambor metálico de $0,207\text{m}^3$ terá aproximadamente $0,069\text{m}^3$ de material.

O restante, ou seja, $0,138\text{m}^3$ será ocupado pelo biogás produzido pelo esterco, e de acordo com Barreira (2011), 1m^3 de esterco equino, equivale a 30m^3 de biogás. Logo, fazendo uma simples regra de 3, temos:

$$\begin{array}{l} 1\text{m}^3 \text{ -----} 30\text{m}^3 \\ 0,069\text{m}^3 \text{ -----} x \\ x = 2,07\text{m}^3 \end{array}$$

De acordo com Seixas (1980) essa quantidade de biogás produzida, é capaz de abastecer uma cozinha por aproximadamente 4 horas, visto que se gasta em média de 0,32 a $0,63 \text{ m}^3/\text{h}$. Para a produção de um botijão de gás de 13kg, são necessários 30m^3 de biogás, ou seja, para se produzir aproximadamente a quantidade contida em uma botija de 13Kg, seriam necessários aproximadamente 450Kg de esterco.

4.1.2. Resultados

Com base nos livros, artigos e fontes na internet, foi possível desenvolver e dimensionar o modelo de biodigestor de tambor metálico, que foi um projeto de baixo custo, fácil de se construir, manusear e limpar.

Quanto a eficiência, o projeto não obteve resultados significativos em relação ao gás, devido a temperaturas muito variantes na região, vazamento no tambor metálico, como também o tipo de esterco que foi utilizado neste projeto, no caso, uma doação de uma escola de equitação situada em Manaus, onde o esterco estava muito seco e não tão puro, o que dificultou para a fermentação ocorrer de forma adequada e rápida.

Foram feitas visitas diárias durante um período de 12 semanas, sempre observando a marcação no manômetro, e de 10 em 10 dias foram feitos testes com chama, para verificar se a produção do biogás estava ocorrendo, como também se o biofertilizante estava sendo produzido, o que não ocorreram.

A estimativa de produção de biogás para este projeto, foi baseada em artigos e livros, utilizando 30kg de esterco equino, equivalentes a $2,07\text{m}^3$ ou 2070 litros. O trabalho de construção do biodigestor e obtenção do esterco equino e respectiva alimentação no biodigestor foram satisfatórios, entretanto, devido a solicitação da coordenação de Engenharia Mecânica para antecipar a entrega do Trabalho de Conclusão de Curso no período letivo, não houve tempo hábil para que o esterco fermentasse e produzisse o biogás e o biofertilizante, em que esta parte do trabalho desenvolvido terá a possibilidade de ser realizado em um Programa de Iniciação Científica (PAIC) proposto pelo orientador.

Desta forma, devido aos fatores apresentados, anteriormente, impossibilitou de se fazer em tempo, as análises de variação de temperatura, tipo de esterco, tempo de retenção, e obtenção de resultados conclusivos da eficiência deste modelo durante este período.

O projeto de desenvolvimento deste modelo de biodigestor, foi concluído com sucesso, seguindo todos os passos de segurança para que pudesse funcionar em perfeito estado e com eficiência.

5. CONCLUSÃO

Os benefícios e facilidades que os biodigestores proporcionam para a sociedade, são sem dúvida indiscutíveis, trazem melhorias, economia pois a matéria-prima está nas próprias fazendas e sem custo nenhum. Ajudam na preservação da natureza, onde a devastação da mesma só tem se intensificado no decorrer dos anos, e no nosso estado, este tipo de produção de gás ainda é pouco visado, sendo até incomum encontrarmos biodigestores nas fazendas do Amazonas. Como o contato da sociedade rural com a urbana na maioria da vezes é demorado, a implantação deste modelo, facilitaria e muito a vida destas pessoas, tanto na economia quando na não poluição dos solos e do ar. Há escassez no apoio do governo para a visibilidade, e verbas para estas fontes alternativas de energia, que só tem a beneficiar a população.

Este modelo de biodigestor que foi desenvolvido e dimensionado, é um equipamento de baixo custo, de fácil manuseio e manutenção, ocupa pouco espaço e ficou alocado no próprio terreno da UEA, quanto a produção do gás, não exala odor nenhum, sendo uma ótima e barata ferramenta para gerar energia, através de matéria-prima orgânica. O esterco obtido foi uma doação de uma escola de equitação situada na cidade de Manaus, que também sofre com o destino do mesmo, e desconhecia o equipamento em estudo.

5.1. Sugestões para trabalhos futuros

Para dar continuidade, futuramente poderiam desenvolver o mesmo modelo, com pequenos ajustes, para se obter o resultado esperado em um menor tempo, pois a eficiência do modelo é comprovada, se utilizando de matéria adequada, esterco mais fresco, alocação do biodigestor em local com temperaturas menos variantes.

Pode-se acrescentar neste modelo um tubo de ligação a outro tambor, para fazer um modelo duplo, produzindo assim mais gás, e conseqüentemente retirando mais esterco dos solos, ajudando a não poluição a natureza.

Elaborar campanhas para a conscientização da poluição dos solos e do ar, implantando mais projetos como este, para o bem da comunidade e da natureza.

6. REFERÊNCIAS

BARREIRA, Paulo. **Biodigestores: energia, fertilidade e saneamento para a zona rural**. 3. ed. São Paulo: Ícone, 2011. 106 p.

BGS. **Cálculo de Produção de Biogás**. 2013. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/>>. Acesso em: 08/01/2018.

BLOG BGS. **A composição do Biogás**. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/composicao-do-biogas/>>. Acesso em: 10/04/2018.

BLEY JR, Cicero. **Biogás – A energia invisível**. Planeta Sustentável, 2014

Calcular o volume do gás. Disponível em: <<http://www.cozinhadoquintal.com.br/2013/11/como-calcular-o-gas-em-uma-receita.html>>. Acesso em: 12/03/2018.

Catálogo de peças tigre. Disponível em: <<https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-aquaterm.pdf>>. Acesso em: 12/02/2018.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. do C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R.; SANTOS, C. dos: **Biodigestores Rurais: Modelo Indiano, Chinês e Batelalda**. 2002. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Biodigestores_000g76qdzev02wx5ok0wt edt3spdi71p.pdf>. Acesso em: 25/11/2017.

Fundamentos de implantação de biodigestores em comunidades rurais. Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1248>>. Acesso em: 28/12/2017

GALDINO, Marco A. E.; LIMA, Jorge H. G.; RIBEIRO, Cláudio M.; Eduardo T. SERRA. **O contexto das energias renováveis no Brasil**. 2012. Disponível em: <<https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Direng.pdf>>. Acesso em: 18/11/2017

GASPAR, R. M. B. L. G. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo-Pr. Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Santa Catarina, 119 p. 2003.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2007

GOUVEIA, N. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. 2012. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, PNSB -2008. Rio de Janeiro: IBGE; 2010.

GRYSCHER, J.M.; Belo, F. R. – **Produção e uso do gás metano na agricultura e agroindústria**. 1983.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>/ Acesso em: 14/11/2017.

KARLSSON, Tommy. et. al. **Manual Básico de Biogás**. Lajeado: Univates, 2014.

KUNZ, Airton; PERDOMO, Carlos Cláudio; OLIVEIRA, Paulo Armando. **Biodigestores: avanços e retrocessos**. EMBRAPA-CNPSA

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2007

MAGALHÃES, A. P. T. – **Biogás: um projeto de saneamento urbano**, 1986.

MASSOTTI, Zemiro. **Viabilidade técnica e econômica do biogás em nível de propriedade**. Artigo Técnico 2002.

Modelos de Biodigestores. Disponível em: <<http://www.gestaonocampo.com.br/biblioteca/modelos-de-biodigestores/>>. Acesso em: 23/12/2017

NOBRE, Gersina. **Caracterização da Quantidade do Esgoto**. UNIR: 2016. Disponível em: <www.engenhariaambiental.unir.br>. Acesso em: 20/11/2017.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta. **Biodigestão: a alternativa energética**. São Paulo: Nobel, 1986.

OLIVERIA, L. R. P. – **Biodigestor**, 2005.

SEIXAS, J.; FOLLE, S.; MACHETTI, D.; **Construção e Funcionamento de Biodigestores**. Embrapa, 1980.

SMEJA, Michel. **Biodigestores**. Disponível em: <<https://andrebmariano.blogspot.com.br/2011/05/biodigestores.html>>. Acesso em: 22/09/2017

SOARES, R. C. et. al. **Histórico do Biogás**. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/hello-world/>>. Acesso em: 03/09/2017

SOUSA, J. S. I. de; PEIXOTO.; TOLEDO, F. F. (coord.). **Enciclopédia agrícola brasileira**. São Paulo: EDUSP, 1995. V.1499 p. il.

SOUZA, M. E. de. **Fatores que influenciam a digestão anaeróbia**. Revista Dae, São Paulo, v. 44, n. 137, p.88-94, jun. 1984.

TARRENTO, G. E.; MARTINEZ, J. C. **Análise da implantação de biodigestores em pequenas propriedades rurais, dentro do contexto da produção limpa**. XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 2006.

TRIVIÑOS, ANS. **Introdução á Pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa exploratória em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

WINROCK. **Manual de Treinamento em Biodigestão**.2008. Disponível em: <http://ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em: 16/11/2017.

ZACHOW, C. R. **Fontes Alternativas de Energia - Biogás**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul: Panambi, 2000.