



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

FABIANA TEREZINHA LEAL DE MORAIS

BIODIGESTOR: UMA TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL.

**SUMÉ - PB
2017**

FABIANA TEREZINHA LEAL DE MORAIS

BIODIGESTOR: UMA TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.

Orientador: Professor Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo.

**SUMÉ - PB
2017**

M827b Moraes, Fabiana Terezinha Leal de.
Biodigestor: uma tecnologia sustentável. / Fabiana Terezinha leal de Moraes. Sumé - PB: [s.n], 2017.

49 f.

Orientador: Professor Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Biodigestor. 2. Biodigestão anaeróbica. 3. Biofertilizante. 4. Biogás I. Título.

CDU: 620.925(043.1)

FABIANA TEREZINHA LEAL DE MORAIS

BIODIGESTOR: UMA TECNOLOGIA SUSTENTÁVEL.

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Biosistemas.


BANCA EXAMINADORA:



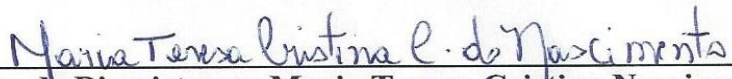
Professor Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo
Orientador – UATEC/CDSA/UFCG



Professora Ma. Ana Cristina Chacon Lisboa
Examinadora I – UATEC/CDSA/UFCG



Zootecnista Agenor Correia de Lima Junior
Examinador II –CDSA/UFCG



Eng. de Biosistemas Maria Tereza Cristina Nascimento
Examinadora – Externa

Trabalho aprovado em: 10 de maio de 2017.

SUMÉ - PB

Aos grandes amores da minha vida, Antônio Xavier (minha essência) e Maria Barbosa (minha fortaleza), meus avós paternos (*In Memoriam*) e aos meus avós maternos José Arlindo (*In Memoriam*) e Terezinha Leal, exemplos de superação em os todos momentos desta caminhada.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todos os dons e graças sobre mim derramados.

A minha Mãe guerreira, Josefa Ednalva por todo esforço e dedicação. Não tenho palavras para explicar minha admiração por você!

Aos meus irmãos Fernanda Moraes, Flávia Maria, Fernando Moraes Filho e Fabiola Leal, meus exemplos de superação nos momentos que pensei em desisti da graduação, agradeço pelo amor, incentivo, apoio, amizade e companheirismo.

Agradeço as minhas Tias Maria Barbosa Cadena, Josefa Barbosa e em especial Ana Lúcia Barbosa, por ser meu maior exemplo de que não devemos desistir no primeiro obstáculo. Obrigada por existirem e serem presentes em minha vida.

A Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Desenvolvimento Sustentável (UFCG– CDSA) Campus de SUMÉ, pela oportunidade.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Tiago Gonçalves Pereira Araújo, por toda contribuição, pelo exemplo de respeito como orientador e amigo, e acima de tudo pela oportunidade e confiança ao abrir as portas para me orientar. Sempre me acolhendo e me estimulando a aprimorar meus conhecimentos relacionados a produção animal. Além do apoio na realização de mais um sonho, minha graduação. Serei eternamente grata!

A cidade de Sumé por ser simples, acolhedora e me proporcionar tranquilidade. Conheci pessoas que vou levar para eternidade e confesso que sentirei saudades. Obrigada por tudo.

Ao Grupo de Estudos em Produção Animal e Alimentos (GEPAAAL) pelas visitas técnicas, reuniões, projetos e essa amizade valiosa.

A todos os professores e professoras do CDSA, que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação. De maneira especial, agradeço a George Ribeiro, Hugo Moraes, Ranoel Gonçalves, Ilza Brasileira, Ana Cristina Chacon, Normanda Lino, Carina Dornellas, Fabiana Pimentel, Adriana Vital, Joelma Sales e Alecksandra Vieira a quem tenho um enorme carinho e admiração.

Ao professor e amigo Paulo Medeiros, por toda contribuição nos momentos de desabafos, amizade e carinho.

Aos funcionários do CDSA, de maneira especial a Airton Soares e André, por nunca hesitar em ajudar sempre que solicitado.

Aos amigos, sobretudo aqueles que nesse período mostraram serem os verdadeiros, aqueles que sempre estavam dispostos ao ouvir meus desabafos, anseios, e suportaram meus

estresses, esses sim eu vou sempre lembrar, Jéssica Vieira, Danilo Guimarães, Ilka Lissandra, Maria Eduarda, Iralécio Lima, Carlos Emanuel, Santana Lívia, Itálo Leite, Thyago Carneiro, Welinágila Grangeiro, , Izabele Ramos. Obrigada pela ajuda de cada um.

As companheiras de residência Claudiana Ribeiro, Aline Carvalho, Soraya Oliveira, Wenys Lima, Janoelma França foi com elas que eu ri e chorei, além das maiores bagunças e cumplicidade. Vocês entraram no meu coração e nunca mais sairão.

Aos colegas de turma do CDSA Adilson Sousa, Aldo Vasconcelos, Djair Coelho, Napoleão, Maikon Rodrigues, Thiago Dias, Paolla Leite, Rafaela Barbosa, obrigada por tantos momentos, conhecimentos e união. Todos estão em meu coração.

Aos membros da banca examinadora, Prof.^a Ana Cristina Chacon Lisboa, Zootecnista Agenor Correia de Lima Junior e a Engenheira de Biossistemas Maria Tereza Cristina Nascimento pela disponibilidade em avaliar este trabalho.

Ao técnico de laboratório de física Osvaldo pela sua disponibilidade durante as discussões desse trabalho.

Ao meu Cunhado Leandro Duarte por todo carinho, incentivo e amizade.

Aos meus amigos irmãos Helder Torreão, Mariana Siqueira e Aldair Daniel pelo carinho e amizade.

A família Anastácio por todo acolhimento em sua residência, quando precisei.

A Cooperativa de Produtores Rurais de Monteiro – LTDA (CAPRIBOM), por todo aprendizado e companheirismo.

A Ivoneíde Araújo por ser uma segunda Mãe, pelo carinho, atenção e amizade.

Aos meus amigos da minha Cidade Gado Bravo que mesmo distante sempre procuramos manter contato, em especial Luana Alves, Murilo Medeiros, Viviane Alves, Irla Karla, José Antônio Filho, Rosana Freitas.

A minha filha de estimação Lessy Ketlen, que sempre ficava feliz com a minha chegada em casa. Minha eterna estrela.

E a todos que de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho

“As decisões são apenas o começo de alguma coisa. Quando alguém toma uma decisão, na verdade, está mergulhando numa correnteza poderosa, que leva a pessoa para um lugar que jamais havia sonhado na hora de decidir”

Paulo Coelho (O Alquimista)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo quantificar, qualificar a produção de biofertilizante e biogás, foi confeccionado um protótipo de biodigestor em um reservatório de polietileno utilizando materiais de baixo custo, fácil manuseio, alimentado por esterco bovino diluído em água na proporção 1:1, adicionando açúcar e fermento para otimizar a produção de microrganismos. O experimento realizou-se em 45 dias por meio de digestão anaeróbica, monitorando a temperatura diariamente pela manhã, tarde e à noite. Obteve-se 60,37kg de biofertilizante com odor característico a húmus (processo fermentativo), solução aquosa e a composição de macronutrientes, 71,78% MO, 41,63% C e 5,9 pH analisada pode ser utilizada para fins agrícolas, pois apresentou boas concentrações de macronutrientes e MO o biogás apresentou vazamentos no decorrer do experimento sendo justificado por falhas na confecção, oscilações de temperatura e a alimentação recebida pelo animal, a produção do biogás foi avaliada por estimativa da geração de gás metano utilizando a massa calculada do biogás 50g e a densidade em condições normais de temperatura e pressão (CNTP) de 0, 657 kg/m³ e considerando que 70% do gás foi encontrado o valor de 0, 055m³ CH₄, o mesmo apresentou odor característico a um processo fermentativo (silagem). Logo, o projeto do protótipo desenvolvido garantiu que é possível utilizar materiais simples para sua confecção e obter a produção biogás e biofertilizante, mas o final do experimento deixa esclarecido que para um próximo projeto caberá um estudo mais avançado, ou seja, analisar o esterco utilizado, a composição do biogás e projetar o armazenamento do gás fora do reservatório, utilizar um manômetro mais preciso e realizar a análise dos micronutrientes do biofertilizante, como também projetar uma horta para monitorar o desempenho do solo e da planta.

Palavras-chave: Biodigestão Anaeróbica. Biofertilizante. Biogás.

ABSTRACT

The present work had as objective to quantify, to qualify biofertilizer and biogas production, a biodigester prototype was made in a polyethylene drum using materials low cost, easy handling, fed with 1:1 water diluted bovine manure adding sugar and yeast to optimize. The production of microorganisms, the experiment was carried out in 45 days by means of anaerobic digestion, monitoring the temperature daily in the morning, afternoon and evening. It was obtained 60.37 kg of biofertilizer with characteristic humus odor (fermentative process), aqueous solution and the composition of macronutrients, OM, C and analyzed pH can be used for agricultural purposes, since it presented good concentrations of macronutrients and OM the biogas presented. Leaks during the experiment being justified by manufacturing failures, temperature fluctuations and feed received by the animal, the biogas production was evaluated by estimating the methane gas generation using the calculated mass of the biogas 50g and the density under normal conditions of temperature and pressure (NCTP) of 0.657 kg/m^3 and considering that 70% of the gas was found to be $0.055 \text{ m}^3 \text{ CH}_4$, it had characteristic odor to a fermentation process (silage). Therefore, the prototype project developed ensured that it is possible to use simple materials for its manufacture and to obtain the biogas and biofertilizer production, but the end of the experiment makes it clear that for a next project a more advanced study, that is, to analyze the manure used, biogas composition and design gas storage out of the drum, use a more accurate pressure gauge and conduct analysis of biofertilizer micronutrients, as well as design a vegetable garden to monitor soil and plant performance.

Keywords: Anaerobic Biodigestion. Biofertilizer. Biogas.

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Produção diária de dejetos por animal.....	16
Tabela 02 - Análise química do biofertilizante	35
Tabela 03 - Custo do protótipo de biodigestor.....	40

LISTA DE QUADRO

Quadro 01 - Especificações dos materiais e o custo total do biodigestor.....	30
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 -	Biodigestor tipo Indiano (Modelo Piloto).....	21
Figura 02 -	Esquema de um Biodigestor Modelo Chinês.....	21
Figura 03 -	Localização da área experimental UFCG/CDSA	17
Figura 04 (A)-	Biodigestor vista da parte superior	29
Figura 04 (B)-	Biodigestor confeccionado pela autora	31
Figura 05 -	Comportamento da temperatura no interior do biodigestor	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVO.....	14
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1	PRODUÇÃO DE RESÍDUO NA PRODUÇÃO ANIMAL.....	16
3.1.1	Funcionamento do biodigestor.....	17
3.1.2	Tipos de Biodigestores.....	18
3.1.3	Digestão Anaeróbica.....	20
3.1.3.1	Fermentação.....	20
3.1.3.2	Hidrólise.....	21
3.1.3.3	Acidogênese.....	21
3.1.3.4	Acetogênese.....	21
3.1.3.5	Metanogênese.....	22
3.2	BIOFERTILIZANTE.....	22
3.2.1	A importância do biofertilizante na agricultura.....	22
3.3	BIOGÁS.....	24
3.3.1	Fatores que influenciam na geração de biogás.....	26
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
5.1	QUANTIFICAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE.....	35
5.2	QUALIDADE DO BIOFERTILIZANTE PRODUZIDO.....	35
5.3	QUANTIFICAÇÃO DO BIOGÁS.....	37
5.4	TEMPERATURA DO BIOGÁS.....	39
5.5	VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIODIGESTOR.....	40
6	CONCLUSÕES.....	41
7	CONSIDERAÇÕES.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43
	ANEXO A – LAUDO DE ANÁLISE.....	49

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, estudos envolvendo o uso de biodigestores têm sido utilizados em duas principais vertentes: tratamento de efluentes e uso energético do biogás. Existe uma terceira vertente importante relacionada ao uso do efluente para melhorar a fertilidade de solo e, com isso, aumentar a sustentabilidade do sistema produtivo (SILVA et al., 2012).

Biodigestor é um método de tratamento de resíduos, implantado em um reservatório bem vedado e impermeabilizado, o qual é inserido a matéria prima (esterco) para que aconteça a fermentação anaeróbia, produzindo fertilizante agrícola (biofertilizante) e gás (biogás), o processo anaeróbico ocorre internamente com ação dos microrganismos.

O biofertilizante é um fertilizante agrícola rico em macronutrientes e micronutrientes como o adubo, já se encontra em decomposição facilita a incorporação ao solo atuando também como defensivo agrícola, erradicando pragas, doenças e insetos em substituição ao uso do agrotóxico.

O biogás é um combustível gasoso com um conteúdo energético elevado semelhante ao gás natural, composto, principalmente, por hidrocarbonetos de cadeia curta e linear, podendo ser utilizado para geração de energia elétrica, térmica ou mecânica em uma propriedade rural, contribuindo para a redução dos custos de produção.

O fundamental deste sistema é que os esterco gerados nas propriedades são transformados em gás e os resíduos deste processo são utilizados para fins agrícolas. Corroborando com o tripé da sustentabilidade, sendo ambientalmente correto, socialmente justo e economicamente viável.

Para incentivar o uso desta prática é válido propor uma capacitação aos agricultores por meio das autoridades municipais tendo como vertente reduzir os impactos ambientais e favorecer a produção animal através da retirada do esterco permanentemente, já que o tratamento inadequado tem gerado grandes problemas, como a ocorrência de doenças, a contaminação da água e do solo colaborando com a poluição do meio ambiente, pois contribui para geração do gás poluente.

A integração da biodigestão no processo produtivo da criação animal desperta vantagens ao produtor como a produção do biofertilizante e a geração de biogás.

2 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é projetar e avaliar um protótipo de biodigestor para produção de biogás e biofertilizante como alternativa de tratamento dos resíduos de origem animal para pequenas propriedades rurais.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Projetar o protótipo de biodigestor;
- Confeccionar o protótipo de biodigestor;
- Quantificar a produção de biofertilizante;
- Avaliar a qualidade do biofertilizante produzido;
- Quantificar a produção de biogás.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Um biodigestor compõe-se, basicamente, de uma câmara fechada na qual uma biomassa (em geral detritos de animais) é fermentada anaerobicamente, isto é, sem a presença de oxigênio. Como resultado desta fermentação ocorre a liberação de biogás e a produção de biofertilizante (DOTTO & WOLFF, 2012).

O desenvolvimento de tecnologias para o tratamento e utilização dos resíduos é o grande desafio para as regiões com alta concentração de produção pecuária, em especial sistema de criação de bovinos, suínos e aves. De um lado a pressão pelo aumento do número de animais em pequenas áreas de produção e por outro pela procura constante do aumento da produtividade (CASTANHO & ARRUDA, 2008).

O biodigestor é uma câmara na qual ocorre um processo bioquímico denominada digestão anaeróbia, que tem como resultado a formação de biofertilizante e produtos gasosos, principalmente o metano e o dióxido de carbono (PRATI, 2010).

O uso de biodigestores difundiu-se através de várias pesquisas, após a descoberta do gás metano, gerado pela decomposição de restos vegetais confinados. Sendo então criado em 1939 na cidade de Kampur, na Índia, o Institute Gobár Gás (Instituto de Gás de Esterco), foi onde surgiu à primeira usina de gás de esterco, e seu objetivo principal era tratar os dejetos animais, obter biogás e aproveitar o biofertilizante. Após a utilização do biogás na Índia, como fonte de energia, levou a China motivou-se a adotar tal tecnologia a partir de 1958, e em 1972, já possuíam aproximadamente 7,2 milhões de biodigestores em atividade (PEDERIVA et al., 2012).

Como o biodigestor, além de produzir gás, limpa os resíduos não aproveitáveis de uma propriedade agrícola e gera biofertilizante, é considerado por alguns como um poço de petróleo, uma fábrica de fertilizantes e uma usina de saneamento, unidos em um mesmo equipamento. Ele trabalha com qualquer tipo de material que se decomponha biologicamente sob ação das bactérias anaeróbias. Praticamente todo resíduo animal ou vegetal é biomassa capaz de fornecer biogás através do biodigestor. Os resíduos animais são o melhor alimento para os biodigestores, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbicas (BONTURI & VAN DIJK, 2012).

Considerando ainda, que o biogás é o combustível mais limpo de todos, seguido pelo Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e querosene em fogão pressurizado, conforme a escada energética. O biofertilizante, além de diminuir a extração das reservas naturais de nutrientes do

planeta, contribui para melhoramento dos problemas ligados à sanidade e salinização dos solos, contribuindo para a prática do saneamento ambiental e da sustentabilidade da propriedade agrícola (SILVA, 2016).

Gaspar (2003) ressalta que outro detalhe importante é a necessidade de efetuar uma análise acurada do tipo de biomassa a ser empregado na biodigestão. A razão para isso é que os dejetos de animais não devem conter agentes químicos, físicos e orgânicos, como antibióticos dificultam o processo de fermentação pela sua ação bactericida, assim como agentes de limpeza, detergentes e sanitizantes, pesticidas agem sobre as bactérias envolvidas no processo. Todos os resíduos inibidores dos microrganismos envolvidos no processo, que por ventura possam ir para o biodigestor devem ser evitados, afim de não prejudicar o processo de fermentação (FERNANDES, 2016).

3.1 PRODUÇÃO DE RESÍDUO NA PRODUÇÃO ANIMAL

A produção animal é uma das atividades de grande impacto ambiental, considerada pelos órgãos de controle ambiental como uma das causadoras de degradação, tendo um grande potencial poluidor no que diz respeito aos recursos hídricos. As implantações de biodigestores nas propriedades rurais criadoras de animais podem representar medidas eficazes no combate à poluição dos rios (GASPAR, 2003).

Na Tabela 1, pode-se observar a produção diária de biomassa animal, dejetos que podem contaminar o planeta e o homem.

Tabela 1 - Produção diária de dejetos por animal

Tipo de animal	Média de produção de dejetos (kg/dia)
Bovinos	10,00
Suínos	2,25
Aviários	0,18
Equinos	10,00

Fonte: Sganzerla, (1983).

Os processos mais utilizados para aproveitamento sustentável dos dejetos são a compostagem e a biodigestão anaeróbia. O entendimento tanto do processo de produção de substratos como sua aplicação determinarão a sustentabilidade do sistema de tratamento e

disposição. A avaliação de atributos do solo que determinam o desempenho e a produção das culturas, bem como, o impacto da absorção de nutrientes e seu acúmulo no sistema e no meio ambiente variam no espaço e no tempo, sendo necessário o monitoramento (SILVA, 2009).

A compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica que ocorre na presença de oxigênio e em condições de aeração, umidade, temperatura e presença de microrganismos adequadas, de onde se obtém um composto orgânico estabilizado, conhecido como húmus, utilizado na agricultura (REIS, 2012).

Qualquer que seja o sistema de produção animal adotado pela propriedade rural, a geração de esterco é característica intrínseca da atividade. A concentração de nutrientes nele existe é variável, em função do manejo adotado e da dieta alimentar fornecida; porém, em geral é elevada. Em função disso, quando aplicados continuamente sobre o solo, aumentam de forma exacerba a concentração desses nutrientes, que posteriormente são lixiviados para o lençol freático ou escorrem superficialmente, carreando materiais poluentes para os rios (FERREIRA, 2013).

Devido a riqueza em matéria orgânica, os resíduos dos bovinos contêm uma quantidade significativa de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, ferro, zinco, cobre e outros elementos constituintes das dietas dos animais (FERNANDES, 2016). Outros fatores que podem influenciar a quantidade de dejetos são o sistema de produção, o clima e o período do ano, o peso corporal dos animais, o estado fisiológico e o nível de produção dos animais.

3.1.1 Funcionamento do Biodigestor

Os biodigestores são constituídos de um misturador, onde a matéria prima e a água são misturadas; uma câmara, onde ocorre a fermentação anaeróbica; uma válvula, onde sai o biogás; e uma saída para que o biofertilizante seja retirado. A matéria prima utilizada pode ser esterco, poda de árvores, palha de cana-de-açúcar, sendo que até os dejetos humanos podem ser utilizados. A matéria prima é misturada à água para que o meio fique anaeróbico. É nesse momento que as bactérias iniciam o processo de fermentação da matéria orgânica. A preparação consiste em se fazer uma mistura homogênea de 50 % de esterco com 50 % de água (CASTANHO & ARRUDA, 2008).

A escolha do tipo do biodigestor depende basicamente das condições locais, tipo de substrato, experiência do construtor e principalmente relação custo x benefício. Todavia,

qualquer digestor construído, se for corretamente instalado e operado, produzirá biogás e biofertilizante (LUSTOSA & MEDEIROS, 2014).

De acordo com Pereira (2009), os biodigestores têm como principal função garantir um meio anaeróbico favorável a biodigestão, permitir a alimentação sistemática da matéria orgânica e a coleta e armazenamento do gás produzido.

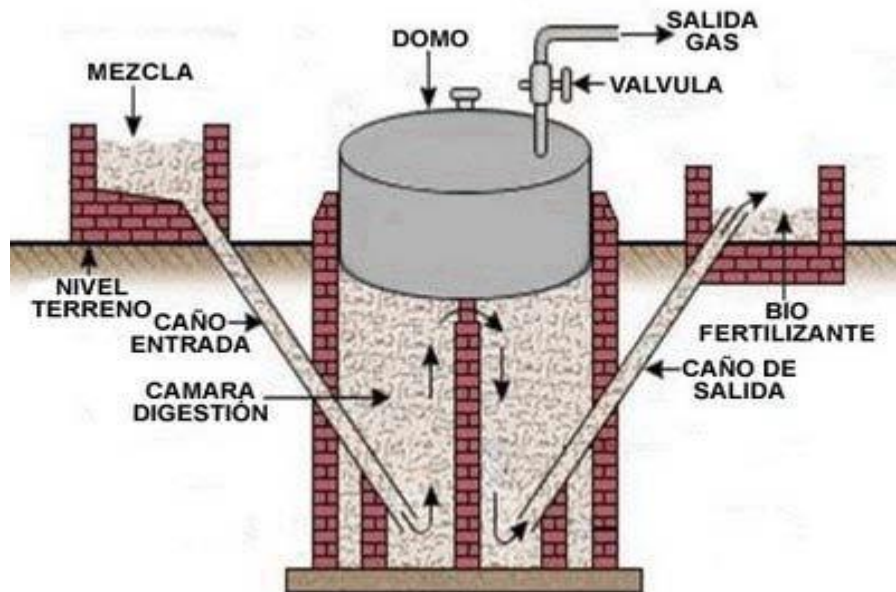
3.1.4 Tipos de Biodigestores

Cada biodigestor tem uma característica. Existem os de produção descontínua e os de produção contínua. Na produção descontínua, a biomassa é colocada dentro do biodigestor que é totalmente fechado, sendo reaberto somente após a produção de biogás, o que leva mais ou menos noventa dias. Após a fermentação da biomassa, o biodigestor é aberto, limpo e novamente carregado para um novo ciclo de produção de biogás. No modelo de produção contínua, o processo pode se desenvolver por um longo período, sem que haja a necessidade de abertura do equipamento. A biomassa é colocada no biodigestor ao mesmo tempo em que o biofertilizante é retirado (CASTANHO & ARRUDA, 2008).

Dentre os biodigestores de sistema de abastecimento contínuo mais difundidos no Brasil estão os modelos indiano (Figura 1) e chinês (Figura 2). De acordo com Gaspar (2003), cada um possui sua peculiaridade, porém ambos têm como objetivo criar condição anaeróbica, ou seja, total ausência de oxigênio para que a biomassa seja completamente degradada.

De acordo com Sganzerla (1983), o modelo indiano é o mais usado no Brasil devido à sua funcionalidade. Quando construído, apresenta o formato de um poço que é o local onde ocorre a digestão da biomassa, coberto por uma tampa cônica, isto é, pela campânula flutuante que controla a pressão do gás metano e permite a regulação da emissão do mesmo. Outra razão para sua maior difusão está no fato do outro modelo, o chinês, exigir a observação de muitos detalhes para sua construção.

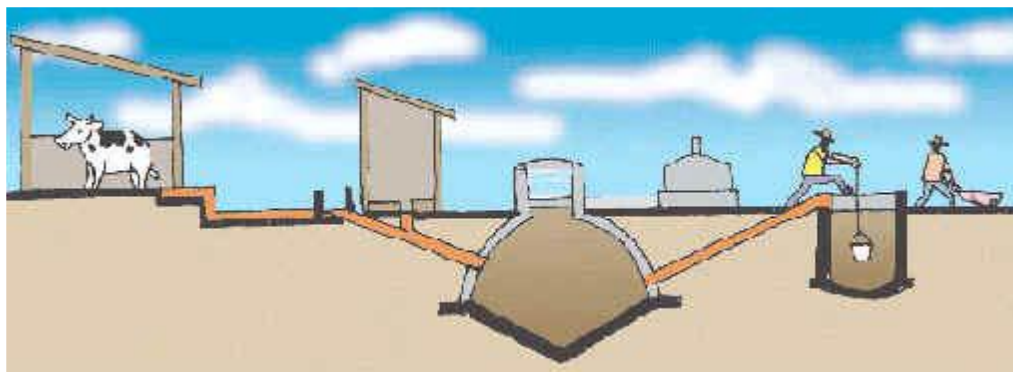
Figura 01 - Biodigestor tipo Indiano (Modelo Piloto)



Fonte: AVELLAR, L. H. N.; CARROCI, L. R.; SILVEIRA, J. L., 2003.

O modelo chinês é mais rústico e completamente construído em alvenaria, ficando quase que totalmente enterrado no solo. Funciona, normalmente, com alta pressão, a qual varia em função da produção e consumo do biogás, destarte contar com uma câmara de regulação, a qual lhe permitiria trabalhar com baixa pressão (PERMINIO, 2013).

Figura 02 - Esquema de um Biodigestor Modelo Chinês



Fonte: AVELLAR, L. H. N.; CARROCI, L. R.; SILVEIRA, J. L., 2003

3.1.2 Digestão Anaeróbica

A digestão anaeróbia é um processo microbiológico em que na ausência de oxigênio a matéria orgânica é degradada produzindo uma mistura de gases, prioritariamente, metano e dióxido de carbono e um resíduo com grande potencial de fertilizante (CHENICHARO, 1997; OLIVEIRA, 2012). O mesmo autor ainda revela que quando esses fatores são devidamente monitorados, podem contribuir para a otimização da atividade bacteriana, aumentando assim a produção de metano. Dentre os fatores de interferência na digestão anaeróbia pode-se destacar, o pH, a alcalinidade, os ácidos voláteis e a composição do resíduo - presença de nutrientes e a ausência de materiais tóxico.

Segundo Barbosa & Langer (2011), a biodigestão pode gerar benefícios ambientais pela eliminação de resíduos dispostos de modo irregular, diminuindo a contaminação da água, do solo e do ar, quanto aos benefícios sociais, a biodigestão evita o contato humano aos resíduos reduzindo a proliferação de pragas e outras doenças correlacionadas à falta de saneamento básico. Com relação aos benefícios econômicos, estes podem ser percebidos por meio da geração de energia e uso de biofertilizante de grande importância para a adubação em geral.

Dominiak *et al.* (2016), afirmam que a digestão anaeróbica é um processo de reações bioquímicas realizado por bactérias, podendo ser dividido em quatro fases: Hidrólise ou quebra das moléculas de lipídios, proteínas ou carboidratos; Acidogênese (fermentação realizada pelas bactérias); Acetogênese (formação do substrato para produção de metano); Metanogênese (produção de metano). Essa cadeia de reações bioquímicas tem como produto final o biogás.

O processo biológico, em que não existe concentração de oxigênio no meio, ocorre pela atuação de diferentes microrganismos, os quais são responsáveis pelas atividades metabólicas para que ocorra a conversão do material orgânico complexo como proteínas, lipídios e carboidratos em biogás (OLIVEIRA, 2012).

3.1.3.1 Fermentação

Esta etapa ocorre no primeiro estágio do ciclo e envolvem bactérias que podem ou não ser anaeróbicas (DOMINIAK *et al.*, 2016).

3.1.3.2 Hidrólise

O processo de hidrólise consiste em converter a matéria orgânica em moléculas menores através da ação de bactérias hidrolíticas que durante o processo transformam proteínas em peptídeos e aminoácidos, polissacarídeos em monossacarídeos e gorduras em ácidos graxos.

Como as bactérias não são capazes de assimilar matéria orgânica particulada, a matéria orgânica complexa é transformada em compostos solúveis mais simples, processo que ocorre pela atuação das enzimas extracelulares excretadas pelas bactérias fermentativas. Em paralelo as proteínas são hidrolisadas formando os aminoácidos, os açúcares são formados a partir da hidrólise dos carboidratos e os lipídios solúveis são hidrolisados em ácidos graxos (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

3.1.3.3 Acidogênese

Nesta etapa as substâncias resultantes da hidrólise serão transformadas por bactérias fermentativas em ácido propanóico, ácido butanóico, ácido láctico e álcoois, também atuam as bactérias do ácido fórmico que degradam as moléculas orgânicas solúveis em gás hidrogênio (H_2), ácido acético (CH_3COOH) e gás carbônico (CO_2). A formação de produtos nesta fase também depende da quantidade de hidrogênio dissolvido na mistura. Quando a concentração de hidrogênio é muito alta, interfere negativamente na eficiência da acidogênese o que causa o acúmulo de ácidos orgânicos. Com isso, o pH da mistura baixa e o processo pode ser quase que totalmente afetado.

3.1.3.4 Acetogênese

Nesta segunda etapa os materiais resultantes da acidogênese são transformados em ácido etanóico, hidrogênio e gás carbônico por bactérias acetogênicas. Esta etapa é uma das fases mais delicadas do processo, pois é necessário manter o equilíbrio para que a quantidade de hidrogênio gerado seja consumida pelas bactérias.

3.1.3.4 Metanogênese

As bactérias atuantes nesta etapa são obrigatoriamente anaeróbias e sensíveis as mudanças no meio, nesta etapa também temos como produto a formação de metano. As mesmas atuam sobre os ácidos orgânicos para produzir biogás, sendo esse formado principalmente por metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (DOTTO & WOLFF, 2012).

3.2 BIOFERTILIZANTE

Para a produção do biofertilizante, ocorre o seguinte fenômeno: o afluente (dejeito), ao passar pelo biodigestor perde carbono na forma de metano e CO₂, o que melhora as condições do material para fins agrícolas em função do aumento da solubilidade de alguns nutrientes (SILVA, 2016).

Biofertilizante é a denominação dada ao resíduo aquoso de natureza orgânica, que pode ser utilizado na fertilização do solo, que tem origem da fermentação de resíduos vegetais e animais (PRATI, 2010).

A produção do biofertilizante se dar pela digestão anaeróbia de material orgânico de origem animal e vegetal em meio líquido, em um equipamento chamado biodigestor. O resultado desse processo é um sistema de duas fases: uma sólida, usada como adubo orgânico; e outra líquida, como adubo foliar para o controle de doenças e pragas. O biofertilizante pode ainda ser preparado mediante digestão aeróbia com as mesmas finalidades (TESSEROLI NETO, 2006). A produção de biofertilizantes é decorrente do processo de fermentação, ou seja, da atividade dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica e complexação de nutrientes, o que pode ser obtido com a simples mistura de água e esterco fresco.

3.2.1 A importância do biofertilizante na agricultura

Os resíduos da biodigestão apresentam alta qualidade para o uso como fertilizante agrícola, pois há o aumento no teor de nitrogênio e demais nutrientes em consequência da perda de carbono para o biogás, o que melhora as condições do material para fins agrícolas, maior facilidade de imobilização do biofertilizante pelos microrganismos do solo, devido ao material já se encontrar em grau avançado de decomposição, o que aumenta a sua eficiência e solubilização parcial de alguns nutrientes, diminuindo o custo do pequeno produtor com fertilizantes químicos (BONTURI & VAN DIJK, 2012).

Além do aproveitamento do biogás, os efluentes resultantes da degradação da matéria orgânica, servem como rico fertilizante, que pode proporcionar economia na aquisição de fertilizantes comerciais. Dessa forma, os resíduos da produção animal deixam de ser um problema para o produtor para ser uma alternativa de preservação ambiental e geração de renda (FERREIRA, 2013).

O biofertilizante não possui odores desagradáveis, característicos dos dejetos que abastecem o biodigestor, é isento de microrganismos patogênicos e no solo favorece a multiplicação de bactérias que fixam o nitrogênio. Contribuindo assim para aumentar a produtividade e fertilidade dos solos (PEDERIVA et al., 2012). O mesmo contribui para aumentar o teor de húmus no solo, melhorando as propriedades físicas e químicas, além de ajudar a melhorar as atividades microbianas do solo, podendo ser aplicado diretamente na forma líquida ou desidratada, dependendo das condições locais de infraestrutura (PRATI, 2010).

No que diz respeito à parte analítica de sua composição, o biofertilizante apresenta macro e micronutrientes assimiláveis pelo vegetal, tais como: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, sódio, ferro, cloro, sílica, molibdênio, boro, cobre, zinco e manganês (TESSEROLI NETO, 2006).

Martins (1966), destaca que o verdadeiro valor de um biodigestor está no adubo produzido por ele, o qual é conhecido como biofertilizante, e no saneamento que ele proporciona, esse produto resultante é um líquido escuro, em virtude da presença dos húmus, a que denominamos biofertilizante puro, o qual pode ser usado em qualquer solo, como adubo de origem orgânica de alta qualidade, ou como corretivo de acidez, de vida bacteriana e de textura. É um grande auxiliar quando utilizado como aditivo na preparação nutritiva na prática da Hidroponia.

O biofertilizante contém nutrientes essenciais para a planta, sendo o nitrogênio amoniacal o mais abundante. Possui ainda quantidades consideráveis de potássio, cálcio, fósforo e magnésio (SILVA, 2016).

Eles podem apresentar valores elevados de nutrientes, sendo que o mesmo pode conter teores médios de 1,5 a 2,0% de nitrogênio (N), de 1,0 a 1,5% de fósforo (P) e de 0,5 a 1,0 % 41 de potássio (K). Esse adubo não possui agentes causadores de praga ou doenças e age de forma eficaz para repor os teores de nutrientes antes escassos no solo (OLIVER, 2008).

O biofertilizante líquido pode ser utilizado de várias maneiras sendo que o método mais eficiente e a aplicação através de pulverizações nas folhas, as quais promovem um efeito mais rápido. Nas pulverizações, o biofertilizante devera cobrir totalmente as folhas e ramos das

plantas, chegando ao ponto de escoamento, para um maior contato do produto com a planta (alto volume). A parte sólida do biofertilizante, ou seja, o material que fica retido na peneira após filtragem para o uso líquido no campo, também constitui uma excelente fonte de matéria orgânica e de nutrientes que pode ser aplicada no solo (TESSEROLI NETO, 2006).

O horário de aplicação também é importante, pois as aplicações foliares realizadas nas horas mais frescas e úmidas do dia (de manhã e final da tarde) proporcionam um melhor aproveitamento do biofertilizante, em função da umidade no ar, que abaixo de 60% pode reduzir a vida útil da gota, podendo está nem chegar a planta ou a gota ao atingir a folha, talvez não de tempo de os nutrientes serem absorvidos adequadamente.

Formas de aplicação e efeitos do biofertilizante na agricultura pode ser aplicado diretamente no solo em forma líquida ou seca, sendo que para aplicação direta nas plantas, coloca-se 1 litro de biofertilizante para cada 10 litros de água, passa-se a mistura por uma peneira fina e realiza-se a aplicação (OLIVER, 2008).

O uso do biofertilizante apresenta algumas vantagens, como: não apresenta custo nenhum se comparado aos fertilizantes inorgânicos; não propaga mau cheiro; é rico em nitrogênio, substância muito carente no solo; recupera terras agrícolas empobrecidas em nutrientes pelo excesso ou uso contínuo de fertilizantes inorgânicos, ou seja, produtos químicos; é um agente de combate a erosão, porque mantém o equilíbrio ecológico retendo maior quantidade de água pluvial; o resíduo da matéria orgânica apresenta uma capacidade de retenção de umidade pelo solo, permitindo que a planta se desenvolva durante o período de seca (PEREIRA et al., 2012). No entanto, a aplicação do biofertilizante no solo, sob o ponto de vista da adubação orgânica, deve ser realizado levando-se em conta critérios agrônômicos para evitar, na medida do possível, o impacto ambiental oriundo desta prática (SILVA, 2016).

3.3 BIOGÁS

Oliveira Júnior (2013), salienta que o biogás é constituído por uma mistura de gases, cujo tipo e percentagem variam segundo as características dos resíduos e as condições de funcionamento do processo de digestão. Os principais constituintes do biogás são o metano e o dióxido de carbono.

Para Gaspar (2003), o biodigestor é o equipamento utilizado para a produção de biogás que, a partir das bactérias presentes no trato intestinal dos animais ruminantes, digerem em condições anaeróbicas, a matéria orgânica presente nas fezes e/ou restos de comida. Por si só o

biodigestor não produz o biogás, mas cria condições para que uma série de bactérias degrade a matéria orgânica e produza o gás metano (CH₄).

O Biogás consta basicamente de: gás Metano (CH₄) em torno de 50 a 70%; gás carbônico (CO₂) em torno de 35 a 40%; hidrogênio (H₂) em torno de 1 a 3%; oxigênio (O₂) em torno de 0.1 a 1%; gases diversos em torno de 1,5 a 8% (BONTURI & VAN DIJK, 2012).

O gás metano queima com uma chama luminosa quando puro, mas para o biogás a chama não é tão luminosa. O biogás não é tóxico, mas atua sobre o organismo humano diluindo o oxigênio e como consequência, pode provocar a morte por asfixia. Como é muito estável não é solúvel em água (PRATI, 2010).

O metano, principal componente do biogás, não tem cheiro, cor ou sabor, mas os outros gases presentes conferem-lhe um ligeiro odor de alho ou de ovo podre. O peso do metano é pouco mais da metade do peso do ar, ou seja: 1 m³ de metano/1 m³ de ar equivale a 0,716 kg/1,293 kg, ou seja, 0,554 kg. (PERMINIO, 2013).

A produção de biogás fornece energia renovável versátil e flexível, adequada para aplicações diversas, podendo ser usado na geração de calor e eletricidade, ser distribuído através da infraestrutura existente de gás natural e utilizado nas mesmas aplicações, além de poder substituir os combustíveis fósseis no setor de transportes. Possui vantagens em comparação com outras energias renováveis, pois pode ser produzido quando necessário e ser facilmente armazenado (BÜHRING & SILVEIRA, 2016).

O biogás oriundo de dejetos de animais pode ser analisado em três eixos: energia, agricultura e meio ambiente. Entre as principais vantagens de produção de biogás para o setor da energia está a produção energética com dióxido de carbono (CO₂) neutro; na agricultura as vantagens são melhor utilização do nitrogênio, a proporção de fósforo/potássio é equilibrada, o material digerido é homogêneo e fluido, livre de sementes de plantas daninhas e germes patogênicos; e em relação ao ambiente, as principais vantagens referem-se a redução da lixiviação do nitrogênio, redução de odor e de emissões de gases de efeito estufa, e reciclagem da biomassa residual (BÜHRING & SILVEIRA, 2016).

Para implantação de um sistema de produção de biogás e uso energético a partir de biomassa residual na agricultura familiar é necessário fazer o dimensionamento da escala de produção, pois pode ser um fator limitante na viabilidade econômica e financeira do empreendimento, e neste caso, a organização dos produtores familiares de um território relativamente próximo em forma de condomínio, na forma de produção descentralizada, pode gerar um ganho em escala, ou seja, em volume de biogás (BÜHRING; SILVEIRA, 2016).

Portanto, diante de tantos fatos relevantes é pertinente afirmar que o biogás se configura ao mesmo tempo em um aliado do meio ambiente uma vez que processa resíduos que primariamente seriam prejudiciais e agregar valor aos indivíduos, comunidades e principalmente propriedades rurais, por meio da diminuição de custos. O biogás pode ser usado em fogões, motores, lâmpadas e geladeiras a gás, podendo ser considerado uma das fontes energéticas mais econômicas e de fácil aquisição pelas pequenas propriedades rurais (PEREIRA, 2009).

3.3.1 Fatores que influenciam na geração de biogás

Os processos anaeróbios sofrem interferências de mudanças ambientais, sendo necessário controlar os fatores que afetam a atuação das bactérias envolvidas no processo de degradação, dessa forma possibilitando a otimização da eficiência do sistema de tratamento dos resíduos orgânicos. Quando esses fatores são devidamente monitorados, podem contribuir para a otimização da atividade bacteriana, aumentando assim a produção de metano (OLIVEIRA, 2012).

Alguns fatores servem como controle na geração do biogás pois influenciam diretamente na geração deste, estes fatores são:

- Composição dos resíduos;
- Ambiente Anaeróbio,
- Umidade;
- Temperatura;
- Acidez;
- Substâncias prejudiciais;
- Matéria sólida total ou taxa de carregamento orgânico;
- Tempo de retenção.

São diversos os grupos bacterianos responsáveis pelos processos de biodigestão, os quais estão relacionados ao tipo de resíduo orgânico disposto para degradação anaeróbia. As bactérias metanogênicas são bastante sensíveis a mudanças bruscas de pH e também para valores muito baixos desse parâmetro, já as bactérias formadoras de ácidos são bastante resistentes e capazes de suportar súbitas mudanças das condições externas e de alimentação. São as bactérias da fase de fermentação que asseguram a ausência de oxigênio e produzem sais

de amônia, única fonte de nitrogênio aceita pelas bactérias metanogênicas. A atuação de cada grupo de bactérias ocorre de forma interdependente e simbiótica (PINTO, 1999).

Arruda et al. (2002), destacam algumas condições necessárias para uma fermentação ótima:

- Impermeabilidade ao Ar: Nenhuma das atividades biológicas (reprodução, metabolismo, etc.) dos microrganismos exigem oxigênio, que em cuja presença são eles de fato, muito sensíveis.

A decomposição de matéria orgânica na presença de O₂ produz CO₂ (dióxido de carbono), e na ausência do ar (O₂) produz CH₄ (metano). Portanto o biodigestor deve ser perfeitamente vedado para a produção não ser inibida.

- Nutrientes Essenciais: Nitrogênio, sais orgânicos e principalmente Carbono. A relação Carbono/Nitrogênio (C/N) deve ser mantida entre 20:1 e 30:1.
- Teor De Água: Deve situar normalmente em torno de 90% do peso conteúdo total (1:1 ou 1:1,5). Tanto o excesso quanto a falta são prejudiciais.
- Substâncias Prejudiciais: NaCl, Cu, Cr, NH₃, K, Mg, Ni. São elementos conciliáveis se mantidas abaixo de certas concentrações.

A digestão anaeróbia é o processo em que bactérias decompõem a matéria orgânica em um meio com ausência de oxigênio. Assim é importante que se observe os fatores que influenciam na maior ou menor produção de biogás. Dentre estes fatores podemos citar:

Temperatura: O desenvolvimento das bactérias metanogênicas e a produção de biogás é função da temperatura do biodigestor. As bactérias responsáveis pela biodigestão são bastante sensíveis a variações bruscas de temperatura. Uma variação de 3°C já é o suficiente para causar a morte da maioria das bactérias. Por isso a temperatura nos biodigestores deve ser controlada.

Tipo de resíduos: O tipo de resíduo é o alimento a ser utilizado pelas bactérias. Uma vez que a relação carbono/nitrogênio é um fator muito importante, o material vegetal é uma das melhores matérias-primas, pois é fonte rica em carbono devido ao seu alto teor de carboidratos.

Relação carbono/nitrogênio: Este fator é de grande importância para a formação dos ácidos orgânicos utilizados pelas bactérias para a produção de biogás. Além disso, o carbono é utilizado pelas bactérias como energia e o nitrogênio é usado para a construção das estruturas celulares.

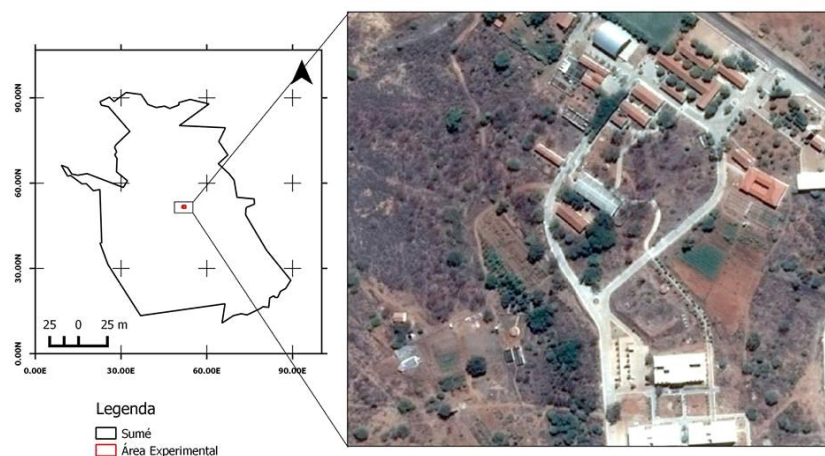
Tempo de retenção: É o tempo em que o material orgânico permanece no interior do biodigestor. O tempo de retenção está relacionado a fatores como a granulometria, temperatura, entre outros. Em geral recomenda-se tempos de retenção de 4 a 60 dias.

A produção de biogás pelas bactérias metanogênicas é função da temperatura operacional do biodigestor. Temperaturas mais elevadas resultam em processos mais eficientes. A queda da temperatura leva ao retardamento do processo de digestão. Para 15° C a produção de biogás é pequena e em torno de 10°C a produção cai para patamares bem reduzidos. A variação brusca de temperatura também exerce grande influência no processo. As bactérias mesofílicas se desenvolvem em temperaturas na faixa de 20°C a 45°C. A temperatura ideal para este grupo gira em torno de 36,5°C (METZ, 2013). Caso a temperatura de fermentação esteja abaixo da ideal, há a produção de ácidos graxos e álcoois pelos microrganismos que não foram perturbados pelas variações de temperatura, fazendo com que não haja formação de metano, resultando em decréscimo do pH e interrupção no processo (KARLSSON et al., 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade Federal de Campina Grande na Unidade Acadêmica de Tecnologia do Desenvolvimento, pertencente ao Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido na cidade de Sumé-PB a uma altitude de 532 metros ao nível do mar, possui um clima BSh (segundo a classificação de Köppen) e tem a caatinga como bioma característico, está entre as coordenadas geográficas 07°40'18" de Latitude Sul e 36°52'48" Longitude Oeste (Figura 03), tendo início no dia 15 de janeiro de 2017 e se estendeu até 01 de março 2017.

Figura 03 - Localização da área experimental, UFCG/ CDSA¹



Fonte: AESA, elaborado pela autora, 2017.

A ideia inicial foi projetar e avaliar um protótipo de biodigestor voltado para produção de biofertilizante e biogás para agricultores familiares a um baixo custo e de fácil confecção e manuseio, assim procuramos utilizar materiais o mais acessível possível além de uma simples operacionalização.

A confecção do biodigestor foi realizada utilizando um reservatório de polietileno com tampa e lacre de vedação removível, com capacidade de 75 litros, na parte superior do tambor

¹ Universidade Federal de Campina Grande/ Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido -Campus de Sumé/PB.

foi instalado um manômetro e uma torneira para extração do gás, um termômetro para realizar o monitoramento da temperatura interna do reservatório, além de um tubo de PVC para introdução do esterco dentro do tambor e uma válvula para evitar contato do interior do reservatório com o meio externo, na parte inferior do biodigestor foi colocado um tubo de PVC conectado a um registro para extração do biofertilizante, o biodigestor foi instalado em uma área sombreada, ventilada e recebendo luz solar por pelo menos 12 horas por dia. O material utilizado para confecção do biodigestor encontra-se no quadro abaixo.

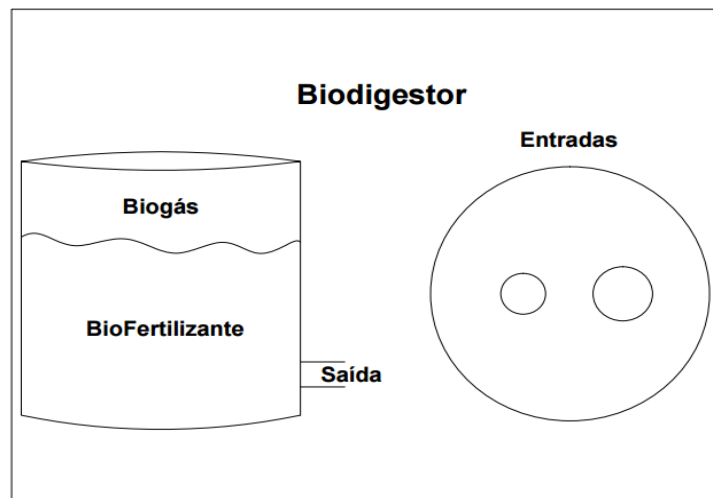
Quadro 01 - Especificações dos materiais utilizados para a confecção do biodigestor

Quantidade	Material Utilizado
1	Reservatório (75l)
2	Registro de 50mm
2	Flange de 50mm
1	Flange de 5mm
1	Conexão “T” de 5mm
1	Torneira de 5mm
1	Manômetro
30cm	Tubo PVC 50mm
30cm	Tubo PVC 5mm
1	Conexão de 50mm
1	Cola cano (100g)
1	Silicone (280ml)
1	Termômetro Digital

Fonte: Pesquisa realizada pela autora – 2017

Na Figura 04 (A) observa-se a vista superior do biodigestor e as suas delimitações, ou seja, onde será armazenado o biofertilizante e o biogás durante o experimento e a figura 04 (B) representa o protótipo de biodigestor confeccionado e suas devidas especificações.

Figura 04 (A) - Biodigestor completo, vista da parte superior.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Figura 04 (B) - Biodigestor confeccionado pela autora.



Fonte: Elaborado pela autora, 2017.

Após a confecção do biodigestor, foram feitos dois testes de validação do protótipo, o primeiro consistiu no teste hidráulico, onde foi adicionado água dentro do reservatório para

detecção de possíveis vazamentos e o segundo teste foi feito com a introdução de gás (oxigênio) para também detecção de possíveis vazamentos de ar.

A matéria prima utilizada para a produção do biofertilizante e do biogás foi o esterco bovino, oriundo de uma propriedade rural do município de Sumé – PB. Antes de ser colocado o esterco dentro do biodigestor, foi feita uma diluição numa proporção de 1:1 (água: esterco), em seguida foi misturado a água e o esterco num recipiente onde foi adicionado 15 kg de água e 15 kg de esterco e com o objetivo de homogeneizar o composto (esterco + água), totalizando 30kg de composto, mais 1kg de açúcar refinado e mais 10 g de fermento biológico em pó.

Com 20 dias após colocado o composto (água + esterco) dentro do biodigestor foi adicionado mais 30kg do composto na mesma proporção com o intuito de potencializar a produção de biofertilizante e biogás, utilizando apenas o composto sem adição de outros componentes, introduzidos pela tubulação de entrada do biodigestor com o auxílio de um funil confeccionado com garrafa PET.

Aos 22 dias de implantação foi verificado a presença de microbolhas de metano e/ou dióxido de carbono o que na verdade era um pequeno vazamento de gás pela tubulação de entrada do efluente. Para devida vedação foi utilizado cola de silicone, para controle do vazamento.

A abertura do biodigestor efetuou-se aos 45 dias após seu abastecimento, o composto foi fermentado, deixando no interior do biodigestor em forma pastosa o biofertilizante, sendo extraído rapidamente para um recipiente, evitando contaminação com o meio exterior.

A coleta do biofertilizante foi realizada no mês de março/2017, foi feito uma amostragem do material que foi colocado em garrafas PET de 2 litros, em seguida acondicionadas em embalagens de isopor para transporte até o Laboratório de Análise de Tecido de Planta Departamento de Solos e Engenharia Rural da Universidade Federal da Paraíba, Campus II na cidade de Areia - PB.

As análises realizadas do biofertilizante foram: pH, Matéria Orgânica (MO), Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg). O N, P, K, Ca e Mg foi determinado por digestão com H_2O_2 e H_2SO_4 e a MO por método do dicromato.

Para determinação da produção do biogás, foi feita uma pesagem do biodigestor no momento em que foi colocado o composto, sendo pesado novamente o biodigestor aos 45 dias para determinação da produção do biogás, a extração do gás foi feita com o acoplamento de uma mangueira própria para gás numa torneira que ficava na parte superior do biodigestor e a

outra extremidade da mangueira colocado num compressor para extração total do gás do interior do biodigestor para um botijão de gás que foi acoplado ao compressor.

Para determinar a quantidade de biofertilizante produzida após o processo anaeróbico, realizou-se a pesagem do material contendo a massa do biofertilizante e a massa do reservatório, fez a diferença de massa para obtenção do resultado. Representada pela equação (1).

$$Q \text{ biof} = M \text{ biof} - M \text{ reservatório} \quad (1)$$

Sendo: $Q \text{ biof} = 66,15 - 5,780$

$$Q \text{ biof} = 60,37 \text{ kg}$$

Q biof: Quantificação de biofertilizante (kg)

M reservatório: Massa do reservatório (kg)

M biof: Massa do biofertilizante (kg)

Para calcular o volume de gás produzido foi utilizado a equação abaixo, baseado na massa do biodigestor, onde $m_{\text{biogás}} = \text{massa do biogás}$, $m_{\text{total}} = \text{massa do reservatório} + \text{massa do biofertilizante} + \text{massa do biogás}$ e $m_{\text{biof}} = \text{massa do biofertilizante}$.

$$m_{\text{biogás}} = m_{\text{total}} - m_{\text{biof}} \quad (2)$$

Para a estimativa de CH_4 no biogás, foi considerado um percentual de 70% de CH_4 na mistura, segundo Bonturi & Van Dijk, (2012), o Biogás consta basicamente de gás Metano (CH_4) em torno de 50 a 70%.

A densidade de um gás (d), como para qualquer substância, é a massa da amostra dividida por seu volume, $d = m/V$. Ela é normalmente medida em gramas por litro, segundo Rocha (2016), a densidade do metano é de $0,656 \text{ kg/m}^3$ em condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

Assim:

$$\text{densidade} = \frac{\text{massa de biogás gerada}}{\text{volume de Biogás}} \quad (3)$$

$$\text{Volume de Biogás (CH}_4\text{)} = \frac{\text{massa de biogás gerada}}{\text{densidade}}$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 QUANTIFICAÇÃO DO BIOFERTILIZANTE

A produção do biofertilizante é semelhante a quantidade de composto inserida inicialmente ao reservatório de fermentação, no período de 45 dias em digestão anaeróbia, o biofertilizante apresentou cor escura, odor agradável, aspecto aquoso. Barrichello et al. (2011), salienta que o biofertilizante proporciona a multiplicação das bactérias e os dejetos neste estágio (biofertilizante) encontram-se praticamente “curados” (na expressão do campo), pois não há possibilidade de nova fermentação; assim, não apresenta nenhum odor e nem é poluente e, com isso, não atrai nenhum tipo de inseto.

5.2 QUALIDADE DO BIOFERTILIZANTE PRODUZIDO

Na tabela 1 são apresentados os valores de pH, Matéria Orgânica (MO), Carbono (C), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) referente a composição química do biofertilizante produzido.

Tabela 02 - Características químicas do biofertilizante

pH	(MO)	(C)	(N)	(P)	(K)	(Ca)	(Mg)
H ₂ O	%	%	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹	g.kg ⁻¹
5,9	71,78	41,63	18,20	3,85	1,81	57,55	4,87

Análise como fertilizante orgânico, laboratório de Fertilidade de Solos da UFPB. MO determinada por Método do dicromato; N, P, K, Ca e Mg por Digestão com H₂O₂ e H₂SO₄ S, Fe, Cu, Mn, Zn e Na: Digestão com HNO₃ e HClO₄.

Pode-se dizer que o biofertilizante por ser um produto fermentado por microrganismos e ter como base a matéria orgânica, possui em sua composição quase todos os nutrientes, variando em suas concentrações, dependendo muito diretamente da matéria-prima a ser fermentada. Por isso, a concentração da solução, a mistura da matéria-prima e dos minerais e o pH deverão estar compatibilizados, para que quimicamente o produto final seja benéfico à planta e não cause injúrias (TESSEROLI NETO, 2006).

Segundo Pinto (1999), o pH do processo deve ser mantido entre 6 e 8, podendo ser considerado ótimo de 7 a 7,2; seu controle é função do acúmulo de bicarbonato, da fração de CO₂ da parte gasosa, da concentração em ácidos voláteis ionizados e da concentração de nitrogênio sob a forma de amônia, Metz (2013) destaca que ambientes muito ácidos causam a

morte das bactérias metanogênicas. já Araújo et al. (2007) utilizando biofertilizante bovino durante 30 dias de fermentação encontrou pH de 6,40. O valor de pH encontrado no biofertilizante foi 5,9 considerado pH ácido este resultado pode estar relacionado com a água utilizada no processo de diluição, pois a água analisada apresentou altos teores de sais, além de entrada de ar (oxigênio) dentro do biodigestor, a solução para correção da acidez do pH é utilizar cal e controlar esse parâmetro.

A concentração de MO obtida 71,70%, quando relacionado ao descrito por Sganzerla (1983), que estabeleceu a presença média de MO de 85% é notório a diferença dos resultados. A MO, fornecida a partir de esterco animal e compostos orgânicos, além de melhorar características físicas e químicas do solo, tem sido utilizada a fim de reduzir a utilização de adubos químicos (GALBIATTI et al., 2007). É importante ressaltar que a MO está correlacionada com o tipo de alimentação, idade e raça do animal, a coleta do esterco foi realizada no período de escassez hídrica, onde os animais eram alimentados por palma, e recebia pouca fibra interferindo na produção.

Quando comparado as concentrações de P e K 3,85 g.kg⁻¹ e 1,81 g.kg⁻¹, respectivamente, obtidas com o resultado de Kiehl (1985), que o teor P se encontra na faixa de 4,4 a 10, g.kg⁻¹ e o de K de amplitude que vai de 5,7 g.kg⁻¹ até 42,0 g.kg⁻¹, observa-se que as concentrações de P e K se apresenta abaixo da faixa de amplitude. Provavelmente essas diferenças estão relacionadas ao modo de preparo do biofertilizante.

Bisso et al. (2003), analisaram um biofertilizante utilizando esterco bovino e outros componentes como açúcar, usado na pulverização da cultura da calêndula e obtiveram a seguinte composição química: 8,4 g g.kg⁻¹ de N, 0,32 g.kg⁻¹ de P, 0,20 g.kg⁻¹ de K, 1,4 g.kg⁻¹ de Ca, 0,7 g.kg⁻¹ de Mg. Quando comparadas aos resultados obtidos, conforme Tabela 1, as concentrações demonstram valores muito inferiores que pode ser explicado pela diferente composição e diluição do esterco. Em relação a concentração do cálcio do biofertilizante, houve diferença quanto ao magnésio, observou-se que os teores encontrados estão acima dos observados. Possivelmente essas variações de concentrações estão relacionadas com a adição do fermento e açúcar, tendo em vista que esses aditivos têm como função potencializar a produção dos microrganismos e acelerar o processo do ácido acético.

Com relação a concentração dos nutrientes avaliados é difícil fazer uma comparação com os demais resultados encontrados na literatura, pois existem muitas variações em função do modo de preparo, da matéria prima utilizada e da metodologia pela qual o produto foi analisado pois existe uniformização da metodologia para análise do biofertilizante. Entretanto,

independentemente da fonte de esterco os biofertilizante geralmente apresentam maiores concentrações de K, seguido de N e P (MARROCOS, 2011).

A diversidade química dos biofertilizantes desempenha importante função no crescimento das plantas, não pelos quantitativos de seus componentes químicos que, possivelmente, podem ser baixos, mas em virtude de seus aspectos qualitativos, englobando a presença de vários macros essenciais ao desenvolvimento vegetativo (BORGES et al., 2012). Contudo, é importante destacar a presença de macronutrientes encontrados no biofertilizante, favorecendo as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo e da planta.

5.3 QUANTIFICAÇÃO DO BIOGÁS

Para calcular o volume de gás produzido foi utilizado a equação abaixo, baseado na massa do biodigestor, onde $m_{\text{biogás}} = \text{massa do biogás}$, $m_{\text{total}} = \text{massa do reservatório} + \text{massa do biofertilizante} + \text{massa do biogás}$ e $m_{\text{biof}} = \text{massa do biofertilizante}$.

$$m_{\text{biogás}} = m_{\text{total}} - m_{\text{biof}}$$

$$m_{\text{biogás}} = 66,20 - 66,15$$

$$m_{\text{biogás}} = 0,05 \text{ kg}$$

$$m_{\text{biogás}} = 0,05 \times 1000, \text{ logo:}$$

$$m_{\text{biogás}} = 50 \text{ g}$$

Para a estimativa de CH_4 no biogás, foi considerado um percentual de 70% de CH_4 na mistura, segundo Bonturi & Van Dijk, (2012), o Biogás consta basicamente de gás Metano (CH_4) em torno de 50 a 70%.

Então se 70% do biogás num montante de 50g, teremos:

$$m_{\text{CH}_4} = 0,70 \times 50$$

$$m_{\text{CH}_4} = 35 \text{ g}$$

A densidade de um gás (d), como para qualquer substância, é a massa da amostra dividida por seu volume, $d = m/V$. Ela é normalmente medida em gramas por litro, segundo Rocha (2016), a densidade do metano é de 0,656 kg/ m^3 em condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

Logo:

$$m_{\text{CH}_4} = 35 \text{ g}$$

$$m_{\text{CH}_4} = 35 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$d_{\text{CH}_4} = 656 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3$$

Assim:

$$\text{densidade} = \frac{\text{massa de biogás gerada}}{\text{volume de Biogás}} \quad (2)$$

$$\text{Volume de Biogás (CH}_4) = \frac{\text{massa de biogás gerada}}{\text{densidade}}$$

$$\text{Volume de Biogás (CH}_4) = \frac{35 \times 10^{-3} \text{ kg}}{656 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3}$$

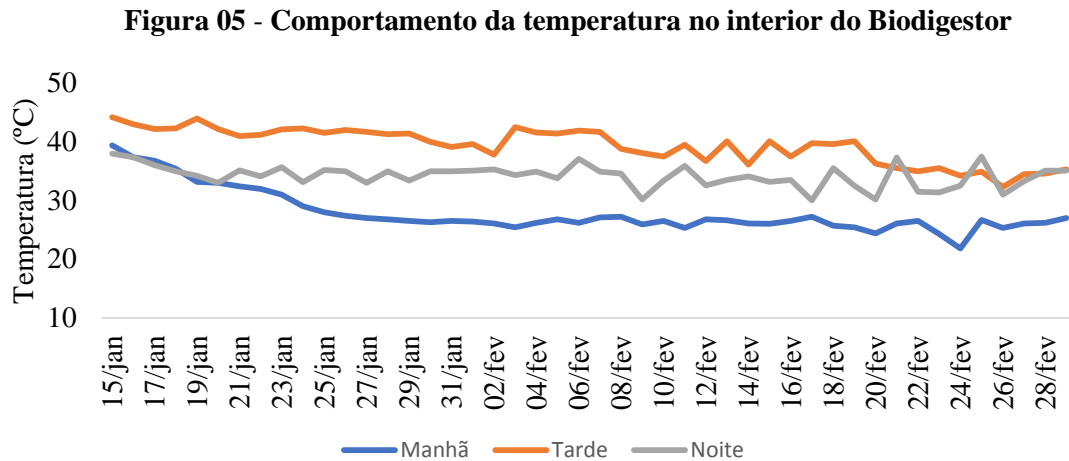
$$\text{Volume de Biogás (CH}_4) = 0,055 \text{ m}^3$$

O rendimento por m³ de biogás por kg de material orgânico (esterco fresco de bovinos de leite) é de 0,06 m³ (COLDEBELLA, 2006). Ao comparar o valor obtido em 45 dias com o valor de biogás por mês 12 m³ de biogás/mês (BAUNGRATZ et al., 2013). O volume obtido do Biogás (CH₄) é inferior a capacidade do biodigestor devido ao escape de gás no decorrer do experimento, condições climáticas e até mesmo ao tipo de alimentação do animal recebida.

Corroborando com o resultado Sechinell et al. (2011) relatam que o metano por ser um gás leve e de fraca densidade, mais leve do que o ar, contrariamente ao butano e ao propano, ele suscita menores riscos de explosão na medida em que a sua acumulação se torna mais difícil. A sua fraca densidade implica, em contrapartida, que ele ocupe um volume significativo e que a sua liquefação seja mais difícil, o que lhe confere algumas desvantagens em termos de transporte e utilização. Fatores que influenciam a produção do biogás são: temperatura, impermeabilidade do ar, teor de água e nutrientes. O biogás apresentou odor relativamente leve e semelhante ao odor de material fermentado (silagem).

5.4 TEMPERATURA DO BIOGÁS

A figura 3 apresenta o monitoramento da temperatura do biogás e a relação com o tempo (dias), durante os 45 dias de experimento.



Fonte: Coleta de dados realizada pela autora – 2017

O processo de geração do metano em biodigestores pode ocorrer em três níveis de temperatura. Com temperatura entre 45 e 60°C, o processo é considerado termofílica; de 20 a 45°C é mesófila e a digestão anaeróbia de matéria orgânica temperaturas menores que 20°C é chamada de digestão psicofílica. A maioria dos biodigestores anaeróbios tem sido projetada na faixa mesófila. Destaque-se que mudanças bruscas de temperatura podem afetar o desempenho da digestão adversamente (PEREIRA, 2009). A temperatura do composto verificada no biodigestor encontra-se entre 20 a 44,20° C, caracteriza que durante o processo de digestão anaeróbica ocorreu a presença de bactérias mesófilas.

Analisando a figura 3, pode-se observar uma variação da temperatura do biogás no interior do biodigestor de 39°C a 27°C relacionando com o resultado obtido no período da manhã, a temperatura de 44,20°C a 35°C demonstrando oscilações similares ao período da tarde e a noite as variações de temperatura foram 38°C para 35°C apenas de 3°C, obtendo como resultado o valor médio dos períodos 33,80°C. Vale ressaltar que o experimento foi realizado entre os meses de janeiro a março, onde as temperaturas ambientes são elevadas. Durante as noites as temperaturas mostraram-se mais homogênea, ou seja, com menos variações, e a tarde houve oscilações moderadas durante o experimento, nas últimas semanas do experimento houve mudança de clima, o que explica essa alteração de comportamento, já pela manhã a variação de temperatura foi bem abrupta.

5.5 VIABILIDADE ECONÔMICA DO BIODIGESTOR

Na tabela 3 estão expostos os valores do custo de confecção do protótipo de biodigestor.

O cálculo foi realizado com base nos preços de materiais encontrados no mercado local. Ao analisar os custos de produção, considera-se um baixo para confecção do biodigestor, pois inúmeros são os benefícios como a economia no gás e a produção de biofertilizante que pode se tornar mais uma fonte de renda ao produtor familiar.

Tabela 3 – Custo do protótipo de biodigestor

Quantidade	Material Utilizado	Preço
1	Tambor (75l)	R\$ 50,00
2	Registro de 50mm	R\$ 12,00
2	Flange de 50mm	R\$ 15,50
1	Flange de 5mm	R\$ 7,00
1	Conexão “T” de 5mm	R\$ 1,30
1	Torneira de 5mm	R\$ 2,50
1	Manômetro	R\$ 23,90
30cm	Tubo PVC 50mm	R\$ 2,80
30cm	Tubo PVC 5mm	R\$ 1,00
1	Conexão de 50mm	R\$ 8,00
1	Cola cano (100g)	R\$ 4,00
1	Silicone (280ml)	R\$16,50
1	Termômetro Digital	R\$ 5,00
Total		R\$149,50

6 CONCLUSÕES

O biodigestor desenvolvido custou R\$149,50, provando ser uma boa alternativa para produção de biofertilizante e biogás para produtor familiar.

A quantidade de biofertilizante produzida foi 60,37kg, apresentando boas características nutritivas.

A quantidade de biogás produzido foi de 55 litros de metano.

7 CONSIDERAÇÕES

O biodigestor desenvolvido custou R\$149,50, provando ser uma boa alternativa em relação a produção de biofertilizante e biogás para o produtor familiar, a viabilidade deste projeto para o produtor se a propriedade dispor de outros materiais alternativos pode baratear o custo, o esterco bovino utilizado como matéria prima no processo anaeróbico foi coletado em período de escassez hídrica, com isto a alimentação dos animais consegue influenciar na MO do biofertilizante.

O projeto do protótipo desenvolvido garantiu que é possível utilizar materiais simples para sua confecção e obter a produção biogás e biofertilizante, mas o final do experimento deixa claro que para um próximo projeto caberá um estudo mais avançado, ou seja, analisar o esterco utilizado, a composição do biogás e projetar o armazenamento do gás fora do tambor, utilizar um manômetro mais preciso e realizar a análise dos micronutrientes do biofertilizante, como também projetar uma horta para monitorar o desempenho do solo e da planta.

O sistema concebido para quantificar a produção do gás não é preciso, porém foi executado e não obteve resultado satisfatório, já que o gás comprimido foi inferior a sua capacidade ao final do processo, o mesmo apresentou vazamentos.

A principal finalidade de desenvolver esse protótipo foi aprimorar os conhecimentos e vivenciar na prática todo o processo de produção de biogás e biofertilizante, provar e mostrar ao produtor a importância de mais essa alternativa sustentável dentro da propriedade e imbuir a preocupação com a alta produção de resíduos nocivos ao meio ambiente e saber torna-los numa fonte de energia, adubo e renda através de técnicas e tecnologias sustentáveis dentro das propriedades.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, M. H.; AMARAL, L. de P.; PIRES, O. P. J.; BARUFI, C. R.V. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal – FAEF, n2, 2002.

ARAÚJO, F. A. R. **Biofertilizante bovino e adubação mineral no mamoeiro e na fertilidade do solo**. 2007. 98 p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB. 2007.

AVELLAR, L. H. N.; CARROCCI, L. R.; SILVEIRA, J. L. **Biogás na coprodução: a utilização de subprodutos agroindustriais na geração de energia em unidades cogeneradoras**. Biotecnologia, Ciência e Desenvolvimento. Novas Tecnologias. 2002.

BARBOSA, G.; LANGER, M. **Uso de biodigestores em propriedades rurais: uma alternativa à sustentabilidade ambiental**. Unoesc & Ciência – ACSA, Joaçaba, v. 2, p. 87-96, 2011.

BARICHELLO, R.; HOFFMANN, R.; CASAROTTO FILHO, N.; BRONDANI, J. C.; BERNARDI, F. O uso de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região noroeste do Rio Grande do Sul. **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. Belo Horizonte, MG. 2011.

BAUNGRATZ, K. L.; OLIVEIRA, J. B. DE.; SLOGO, N.; FRIGO, E. P.; ZANON, E. Produção de biogás a partir de biomassa residual. **Revista: Acta Iguazu**, Cascavel, v.2. Universidade Federal do Paraná – UFP, Paraná, p. 30- 39, 2013.

BISSO, F. P.; BARROS, I. B. I. de; SANTOS, R. S. dos. Biofertilizante foliar em diferentes concentrações e frequências de aplicação de calêndula. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 1, 2003, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: EMATER: RS-ASCAR, 2003.

BONTURI, G. de L.; VAN DIJK, M. **Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais.** Ciências do Ambiente Unicamp, Campinas – SP. 2012. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biotologia_animal/BE310> Acesso em: 02 fev.2017.

BORGES, F. R. M.; PINHEIRO NETO, L.G.; VIANA, T. V. A.; SANTOS, A. P. G.; GOMES, L. M. do O.; LAGE, M. P. **Crescimento e Desenvolvimento do Pimentão Híbrido Amarelo sob Energização da Água e Doses de Biofertilizante: Altura e Diâmetro Caulinar.** INOVAGRI International Meeting. Fortaleza CE. 2012.

BÜHRING, G. M. B., SILVEIRA. V, C, P. O biogás e a produção de suínos do Sul do Brasil. **Revista Brasileira de energias renováveis.** 2016.

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. de. Biodigestores. In: **VI Semana de Tecnologia em Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Paraná.** v. 02, 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: volume 5: reatores anaeróbios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 246 p, 1997.

COLDEBELLA, A. **Viabilidade do uso do biogás da bovinocultura e suinocultura para geração de energia elétrica e irrigação em propriedades rurais.** 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola / Engenharia de Sistemas Agroindustriais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel. 2006.

DOMINIAK, A. L.; TONELLO, J. P. C.; SILVA, W. A. **Projeto e implantação de sistemas de geração de biogás em pequenas propriedades rurais como fonte alternativa de energia.** 2016. 56 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

DOTTO, R. B.; WOLFF, D. B. Biodigestão e produção de biogás utilizando dejetos bovinos. **Revista *Disciplinarum Scientia***. Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 13, p. 13-26, 2012.

FERNANDES, A. J. **Variáveis microbiológicas e físico-químicas em biodigestores anaeróbios escala piloto alimentados com dejetos de bovinos leiteiros e suínos**. Dissertação (Ciência e Tecnologia do Leite e Derivados). Universidade Federal de Juiz de Fora, 67 p. 2016.

FERREIRA, J. **Produção de biogás e funcionamento de biodigestores no ensino de ciências**. Monografia (Especialização no Ensino de Ciências), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 44 p. 2013.

GABIATTI J. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; RIBEIRO A. G.; BECKMANN, C. N. Z. Fertilização e qualidade da água de irrigação no crescimento e desenvolvimento da alface. **Scientia Agrária**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 185- 192, 2007.

GASPAR, R. M. B. L. **Utilização de Biodigestor em Pequenas e Médias Propriedades Rurais com Ênfase na Agregação de Valor: Um Estudo de Caso na Região de Toledo-PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2003.

KARLSSON, T.; KONRAD, O.; LUMI, M.; SCHMEIR, N. P.; MARDER, M.; CASARIL, C. E.; KOCH, F. F.; PEDROSO, A. G. **Manual básico de biogás**. Ed. Univates. Lajeado - RS. 69 p, 2014.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, SP. 492 p. 1985.

LUSTOSA, G.N ; MEDEIROS, I.H.B. **Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos**. Monografia de Projeto Final, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 72p, 2014.

MARROCOS, S. de. T. P. **Composição de biofertilizante e sua utilização via fertirrigação em meloeiro.** 2011. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

MARTINS, R. V. **O mundo da hidroponia. Biofertilizantes,** 1966. Disponível em: <<http://www.hydor.eng.br/PAGINAS-P/P20-P.html>>. Acessado em: 17. fev. 2017.

METZ, H. G. **Construção de um Biodigestor Caseiro para demonstração de produção de Biogás e Biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos.** Monografia (Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2013.

OLIVEIRA, M. M. Estudo da inclusão de comportamentos em biodigestores modelo canadense. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Rio Grande do Sul, p. 119. 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, F. A. de. **Ensino não formal da diminuição da carga poluidora de dejetos animais a partir da produção de biogás e biofertilizante em pequenas propriedades rurais.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

OLIVER, A.P.M.; NETO, A.A.S.; QUADROS, D.G.; VALLADARES, R.E. **Manual de treinamento em biodigestão.** Salvador/BA. p. 39. 2008.

PEDERIVA, A. C.; SPILLARI, T. R.; MOLIN, A. D.; POLACINSKI. **Gestão Ambiental: Análise de viabilidade e dimensionamento de um biodigestor para geração de energia elétrica e biofertilizante.** In: 2º Semana Internacional Das Engenharias Fabor, Horizontina – RS, Faculdade Horizontina, p.14. 2012.

PEREIRA, L. RIBEIRO, W. R. PEREIRA, A. A. LIMA, R. E. do. V. **A construção e o papel ambiental de um biodigestor.** 2012.

PEREIRA, G. **Viabilidade Econômica da Instalação de um Biodigestor em Propriedades Rurais**. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática). Universidade Regional Do Noroeste Do Estado Do Rio Grande Do Sul, Ijuí. 2009.

PERMINIO, G. B. **Viabilidade do uso de biodigestor como tratamento de efluentes domésticos descentralizado**. Dissertação (Pós-Graduação em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2013.

PINTO, C. P. **Tecnologia da digestão anaeróbica da vinhaça e desenvolvimento sustentável**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. p.162. 1999.

PRATI, L. **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás Gerado por Biodigestores**. Monografia (Graduação de Engenharia Elétrica). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2010.

SECHINEL, A.; MENDONÇA, B.; PEGORARO, C.; FERNANDES, E.; LIMA, G.; GOMES, L.; SILVA, P.; SALGADO, R.; COMITRE R. & OLIVEIRA V. Construção de um biodigestor caseiro para obtenção de biogás e adubo. In: Simpósio de Base Experimental Das Ciências Naturais, **Anais...** Santo André: UFABC, 2011. Disponível em: <http://becn.ufabc.edu.br/guias/processos_transformacao/resumo/PT_D2_N_02.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2016.

REIS, A. S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Caruaru. 79f. 2012.

ROCHA, C. M. da. **Proposta de implantação de um biodigestor anaeróbio de resíduos alimentares**. Monografia (Graduação em Engenheiro Ambiental e Sanitarista), Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF, Minas Gerais. 2016.

SGANZERLA, E. **Biodigestor, uma solução**. Porto Alegre: Agropecuária, 1983.

SILVA, A. de. A. **Viabilidade técnica e econômica da implantação da biodigestão anaeróbia e aplicação de biofertilizante nos atributos de Solo e Plantas.** Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista Jaboticabal, 168 f. 2009.

SILVA, J. E. P. da. **Avaliação técnica e econômica de um biodigestor de fluxo tubular: estudo de caso do modelo implantado na ETEC “Orlando Quagliato” em Santa Cruz do Rio Pardo, Sp.** Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho. Botucatu – SP. 69 p. 2016.

SILVA, W. T. L. DA.; NOVAES, A. P. DE.; KUROKI, V.; ALMEIDA, L. F. DE.; LOURENÇO MAGNONI, JR. **Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio para fins de avaliação de eficiência e aplicação como fertilizante agrícola.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422012000100007>>. Acesso em: 09 de fev. 2017.

TESSEROLI NETO, E. A. **Biofertilizantes: Caracterização Química, Qualidade Sanitária e Eficiência em Diferentes Concentrações na Cultura da Alfaca.** Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Paraná – UFP. Curitiba, 52 p. 2006.

ANEXO A – LAUDO DE ANÁLISE



Laboratório de Análise de Tecido de Planta

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Campus II – Areia – PB

Cep.: 58397-000

Tel.: (0xx83)3362-2300 Fax.: (0xx83)3362-2259



LAUDO DA ANÁLISE

Identificação da Amostra

Interessado: Fabiana T. Leal de Moraes

Endereço:

Município:

Estado:

Telefone:

-

Identificação da amostra: Biofertilizante (Esterco Bovino)

Resultados da Análise

Nº da Amostra	C	MO	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Cu	Mn	Zn
	%		g kg ⁻¹							mg kg ⁻¹		
90328	41,63	71,78	18,20	3,85	1,81	57,55	4,87	-	-	-	-	-

MO: Método do dicromato

N, P, K, Ca e Mg: Digestão com H₂O₂ e H₂SO₄S, Fe, Cu, Mn, Zn e Na: Digestão com HNO₃ e HClO₄

Datas

Entrada: 23 03 2017 Saída: 12 04 2017

Técnico Responsável:

Adailson Pereira de Souza
CREA 140344579-6