

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

MAURA FERRO DUARTE

**IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR ANÁEROBIO EM PROPRIEDADE
RURAL DE CAÇAPAVA DO SUL –RS**

Caçapava do sul

2017

MAURA FERRO DUARTE

**IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR ANÁERÓBIO EM PROPRIEDADE
RURAL DE CAÇAPAVA DO SUL –RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Engenharia Ambiental e Sanitária da
Universidade Federal do Pampa,
como requisito parcial para obtenção
do Título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Daniel da
Cunha Kemerich

Caçapava do Sul

2017

IMPLANTAÇÃO DE UM BIODIGESTOR ANÁEROBIO EM PROPRIEDADE RURAL DE CAÇAPAVA DO SUL –RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich

Orientador

UNIPAMPA

Prof. Dr. Julio Cesar Mendes Soares

UNIPAMPA

Prof. Dr. Rafael Matias Feltrin

UNIPAMPA

Dedico esse trabalho aos meus familiares e amigos que sempre estiveram ao meu lado e sempre acreditaram em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus, que sempre guiou meus passos na superação de todas as dificuldades.

Aos meus pais Maria Judite Ferro e Mauro Souza Duarte, que muitas vezes entenderam minha ausência e que sempre estiveram do meu lado me apoiando e acreditando em mim.

Ao meu namorado Carlos Alberto Mayora Maciel, pela paciência comigo nas fases mais difíceis que passei, por estar sempre do meu lado me dando força para continuar.

Aos meus colegas e amigos João Victor Lima, Julia Chaves e Melyna Gomes por todo o incentivo e apoio durante o curso.

Ao Prof. Dr. Pedro Daniel da Cunha Kemerich pelo apoio, ensinamento e orientação para que fosse possível a realização do trabalho de conclusão de curso.

E para finalizar, a todos os meus professores que foram de suma importância na minha vida acadêmica.

RESUMO

Nos últimos anos tem crescido a demanda de fontes alternativas de energia, pela preservação do planeta que vinha sendo ameaçado com a crescente e desenfreada utilização de combustíveis fósseis. Por meio da digestão anaeróbia, processo de degradação da matéria orgânica por meio de micro-organismos, na ausência de oxigênio, é produzido dois produtos, o biogás, composto principalmente de metano e dióxido de carbono, e um líquido normalmente utilizado como fertilizante, por conter minerais e nutrientes essenciais para o solo e para as plantas. Neste trabalho foi estudada a implantação de um biodigestor em uma propriedade rural de Caçapava do Sul-RS com resíduos da ovinocultura e bovinocultura, para a produção de gás de cozinha (GLP). O projeto em foco mostra a facilidade de construção e da operação de um biodigestor. Mostra a relação entre as variáveis climáticas, principalmente a temperatura, com a produção do biogás. Os resultados indicaram que para obter-se a produção de biogás a temperatura não pode ser baixa, se não resultará em um tempo elevado para que o gás possa ser gerado.

Palavras-chave: Digestão anaeróbica, resíduos da ovinocultura, energia alternativa

ABSTRACT

In recent years there has been a growing demand for alternative sources of energy in order to safeguard the preservation of the planet. The planet is fine but you could also say: our planet that has been threatened by the increasing and unbridled usage of fossil fuels. By means of anaerobic digestion, the process of degradation of organic matter by means of microorganisms, in the absence of oxygen, produces two products namely biogas, composed mainly of methane and carbon dioxide, and a liquid normally used as fertilizer which contains minerals and nutrients essential to soil and plants. In this function the implantation of a homemade biodigester on a rural property in Caçapava do Sul -RS with sheep residues, for the production of cooking gas (LPG), and having as by-product the biofertilizer which will be used for the fertilization of the Soil, thus contributing to the development of property, and the preservation of the environment. The project in focus shows the ease of construction and operation of a biodigester. It shows the relation between the climatic variables, mainly the temperature, with the biogas production. The results indicated that to obtain the biogas production the temperature cannot be low, otherwise it will not result in a high time for the gas to be generated.

Keywords: Anaerobic Digestion, Sheep residues, alternative energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Seqüência envolvida na digestão anaeróbia.....	18
Figura 2- Mapa com a localização da propriedade.....	24
Figura 3- Misturador, parte interna e externa, respectivamente, com a manivela.	26
Figura 4- Saída do gás.....	27
Figura 5- Biodigestor com a câmara conectada a ele e ao botijão de gás	28
Figura 6- Equipamento utilizado na determinação do pH.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalência energética de biogás e outras fontes de energia	17
Tabela 2 - Materiais utilizados na construção interna do misturador.....	25
Tabela 3- Materiais utilizados na manivela	25
Tabela 4- Materiais utilizados para a construção da saída de gás.....	26
Tabela 5- Materiais utilizados para a construção da saída de gás.....	27
Tabela 6- Tipo de resíduo e quantidade utilizada no biodigestor	29
Tabela 7- Expectativa de produção de biogás por biomassa	29
Tabela 8 - Custo para a construção do biodigestor.....	31
Tabela 9- Valores de pH durante o processo	32
Tabela 10 - Resultados da análise química ¹	33
Tabela 11 - Relação Ca, Mg, K	34
Tabela 12 - Resultados laboratoriais para relação Ca/Mg, Ca+Mg/K.....	34
Tabela 13– Resultados laboratoriais para MO, CTC, Ca, Mg, P e K.....	35
Tabela 14 - Critérios de interpretação para matéria orgânica (MO), CTC, Ca, Mg, P, K.....	35

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA	13
2.1 Objetivo geral:	13
2.2 Objetivos específicos:	13
2.3 Justificativa:	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 O que é biodigestor:	14
3.2 Modelos de biodigestores	14
3.3 O que é biogás:	16
3.4 Equivalentes energéticos:	16
3.5 Processos de biodigestão anaeróbia:	17
3.6 Fatores que influenciam na digestão anaeróbia	19
3.6.1 <i>Temperatura</i>	20
3.6.2 <i>Tipo de resíduo</i>	20
3.6.3 <i>Quantidade de água</i>	20
3.6.4 <i>Relação carbono/nitrogênio</i>	20
3.6.5 <i>Tempo de retenção</i>	21
3.6.6 <i>Ph</i>	21
3.7 Biofertilizante	21
4 METODOLOGIA	23
4.1 Propriedade	23
4.2 Materiais utilizados na construção do biodigestor:	24
4.2.1 <i>Construção do misturador</i>	25
4.2.2 <i>Construção dos drenos</i>	26
4.2.3 <i>Construção da saída de gás</i>	26
4.2.4 <i>Construção do manômetro</i>	28
4.3 Carga do Biodigestor	28
4.3.1 <i>Resíduo da ovinocultura e bovinocultura</i>	29
4.4 Determinação do pH	29
4.5 Análise química do resíduo	30

4.6 Custo para a construção do biodigestor	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	37
7 REFERÊNCIA	38

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, pode-se observar de modo cada vez mais crescente a elevação média da temperatura do planeta. O ser humano já se utilizou muito de recursos não renováveis, porém com o passar do tempo viu-se na obrigação de mudar isto, procurando fontes de energia limpa e renovável (PRADO *et al.*, 2012).

As indústrias utilizavam o carvão e o petróleo, a queima deles fornecia o calor que as indústrias precisavam para funcionar. Porém essa queima libera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO_2). Essa liberação forma uma camada ao redor da Terra, onde absorve uma fração da radiação infravermelha que é emitida pela superfície da Terra, isso faz com que o calor fique retido. E com isso ocorre o efeito estufa.

O efeito estufa é de enorme importância para a vida na Terra, ele que conserva o planeta aquecido sendo ideal para o equilíbrio de grande parte das formas de vida no nosso planeta. Sem o efeito estufa natural, o planeta ficaria muito frio inviabilizando a o desenvolvimento de grande parte das espécies animais e vegetais existentes. Porém a queima cada vez maior de combustíveis fósseis passou a emitir abundantes quantidades de CO_2 . Além disso, outra ação do homem é a exploração de maneira desenfreada de recursos naturais, os quais são responsáveis por absorver o CO_2 existente na atmosfera.

Hoje em dia, essa questão tem sido muito debatida. É do nosso conhecimento que os combustíveis fósseis, são altamente poluentes e são recursos não renováveis, o que leva as suas reservas naturais a não sustentarem muito tempo. Com isso, é crescente a pesquisa para recursos energéticos que sejam de fontes limpas e renováveis. Esses estudos vêm crescendo consideravelmente em muitos países e muitos já estão sendo implantados. Uma dessas soluções é o biodigestor anaeróbio.

O biodigestor funciona através da decomposição anaeróbia de qualquer matéria orgânica, sem a presença de oxigênio. O processo de biodigestão anaeróbia consiste de um sistema de tratamento no qual a matéria orgânica é degradada até a forma de metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) em condições de anaerobiose (DEMIRER & CHEN, 2005). A biodigestão pode ser vista como uma reciclagem

natural, onde no final se apresenta em duas fases: líquida e gasosa. Na fase gasosa temos o biogás (composto basicamente por metano e gás carbônico).

O biodigestor é utilizado no Brasil na maior parte em meios rurais. Ele apresenta ótimas vantagens para a questão ambiental como, por exemplo: a substituição do gás GLP (gás de cozinha) que é um derivado do petróleo, não é necessária a sua purificação e tem um bom desempenho dos equipamentos nos quais ele é empregado. Ele é mais utilizado nos meios rurais pelo fato de ser utilizada a matéria orgânica dos currais, e também pelas vantagens como: a redução dos odores, diminuição das moscas e principalmente para a utilização do biogás e o uso do lodo como fertilizante.

Este trabalho tem como objetivo implantar um biodigestor anaeróbio em uma propriedade rural de Caçapava do Sul- RS, tendo como matéria prima o esterco ovino e bovino. Com o intuito de substituir o gás de cozinha da propriedade, diminuindo os custos e ajudando na implantação de energias limpas para que possamos cada vez mais ajudar o nosso Planeta.

2 OBJETIVOS E JUSTIFICATIVA

2.1 Objetivo geral:

Implantar um biodigestor caseiro anaeróbio abastecido com esterco ovino, para utilizar o biogás gerado em substituição ao gás GLP (gás de cozinha).

2.2 Objetivos específicos:

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- Identificar o potencial de geração de biogás do esterco ovino;
- Verificar a viabilidade do projeto, quanto ao custo benefício e também verificar a eficiência do gás produzido.

2.3 Justificativa:

Com o passar dos anos e todos os problemas ambientais que vieram com eles, principalmente pelo uso abusivo de combustíveis fósseis, despertou o interesse em substituir as fontes usuais de energia. Com isso, começou a crescente pesquisa sob as fontes de energias limpas. Dentro destas fontes está a bioenergia através de resíduos sólidos agrícolas. Os dejetos de animais tornam-se alternativa viável (CLEAN ENERGY, 2004), diminuindo a capacidade poluidora desses resíduos, pois o gás emitido por eles que antes iria para o meio ambiente agora se destina a produção de energia e a porção sólida pode ser utilizada como adubo orgânico (GASPAR, 2003).

O foco deste trabalho é a construção de biodigestor anaeróbio em uma propriedade rural de Caçapava do Sul- RS, como fonte de energia a partir de dejetos ovinos e bovinos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 O que é biodigestor:

Biodigestores são estruturas projetadas e construídas de modo a produzir a degradação da biomassa sem que haja qualquer tipo de contato com o ar. Isso proporciona condições para que alguns tipos especializados de bactérias, altamente consumidoras passem a predominar no meio e, com isso, provoquem uma degradação mais acelerada da matéria (JÚNIOR, 2009).

Pinto (2014) cita que a utilização de biodigestores é uma das melhores técnicas para o tratamento dos dejetos de animais nas diversas fases da vida destes. Estes resíduos apresentam uma elevada carga poluidora, podendo causar diversos impactos se porventura forem eliminados no meio ambiente sem devido tratamento.

Há diversos modelos de biodigestores, sendo que cada um é adequado aos diferentes tipos de resíduos a serem tratados, podendo ser operados com cargas contínuas ou em bateladas. Entre os vários tipos, os mais utilizados são os biodigestores chineses, indianos e o tipo batelada (OLIVER et al., 2008).

3.2 Modelos de biodigestores

Existem três tipos de biodigestores que são utilizados no meio rural: modelo indiano, chinês e batelada.

Modelo indiano: Este tipo de modelo é caracterizado possuir uma campânula que é uma espécie de tampa conhecida como gasômetro, a qual pode estar mergulhada sobre a biomassa em fermentação ou pode estar em um selo d'água externo. Sua estrutura é composta de uma parede central que serve para dividir o tanque de fermentação de duas câmaras, para assim permitir que o material possa circular pelo interior da câmara de fermentação (TARRENTO, 2006).

O biodigestor indiano é característico por possuir pressão de operação constante, isso significa que o volume de gás produzido não é consumido de imediato e faz com que o gasômetro tende a se deslocar verticalmente aumentando o volume do mesmo mantendo a pressão no interior (DEGANUTTI et al., 2002).

Este modelo apresenta ser de fácil construção, porém alguns fatores podem encarecer o custo final como, por exemplo, o fato do gasômetro ser de metal e também as distâncias das propriedades podem dificultar o transporte inviabilizando a implantação do biodigestor (JORGE e OMENA, 2012).

Modelo chinês: Este tipo de biodigestor é formado por uma câmara cilíndrica em alvenaria onde ocorre a fermentação, apresenta um teto impermeável e abobado que é destinado ao armazenamento do biogás. O seu funcionamento é com base no princípio de prensa hidráulica, ocorrendo então aumentos de pressão em seu interior devido ao acúmulo de biogás resultando em deslocamento do efluente da câmara de fermentação para a caixa de saída em sentido contrário quando ocorre decompressão (JORGE e OMENA, 2012).

Uma das dificuldades para a construção desse modelo e a técnica necessária, pois por ser todo em alvenaria, requer um trabalho de pedreiro qualificado, pois utiliza-se uma técnica que emprega o próprio peso do tijolo para mantê-lo na posição necessária até que a argamassa seque. Nas paredes externas e internas é preciso receber uma boa camada de impermeabilizante, para assim impedir infiltrações de água que é proveniente da água absorvida pelo solo durante as chuvas ou de lençóis freáticos próximos (GASPAR, 2003).

Modelo batelada: Este modelo é composto por um sistema bastante simples e de pequena exigência operacional. Para realizar a instalação poderá ser feito apenas um ranque anaeróbio ou vários tanques em série. Onde o seu abastecimento é feito de uma única vez, mantendo-se em fermentação por um determinado período para a produção de biogás, e após o término deste período o material é descarregado (DEGANUTTI et al., 2002).

Neste modelo o biodigestor a biomassa permanece nesse reservatório fechado até que o ciclo da digestão anaeróbia esteja completo. Ou seja, quando se tem o fim da produção de biogás indica que o ciclo está completo e o biodigestor está apto a receber uma nova carga de matéria orgânica. O biodigestor em batelada adapta-se melhor quando a disponibilidade de resíduo ocorre em períodos mais longos, como por exemplos em granjas avícolas de corte (JORGE e OMENA, 2012).

3.3 O que é biogás:

Biogás, segundo (TEIXEIRA 2005), é uma mistura de gases produzida pela decomposição biológica da matéria orgânica na ausência de oxigênio. O processo é chamado de anaeróbio, pois ocorre devido às bactérias metanogêneas, sem a presença do ar.

O biogás é constituído por vários gases, sendo os de mais importância o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2), que correspondem respectivamente a cerca de 65% e 35% da mistura. São encontrados também outros gases que correspondem a no máximo 1% da mistura, como: oxigênio (O_2), hidrogênio (H_2), gás sulfúrico (H_2S) e nitrogênio (N_2). (FARIA, 2012).

Os resíduos mais utilizados na produção de biogás são:

1. Dejetos e rejeitos de currais
2. Resíduos agrícolas, como cascas, folhagens, palhas
3. Resíduos industriais, como restos de alimentos, bagaços

3.4 Equivalentes energéticos:

A capacidade calorífica do biogás, segundo Coldbella (2003), Teixeira (2003), Pompermayer (2008), depende da concentração de metano existente. Normalmente varia entre 5.000 e 6.000 kcal/m³. Na tabela, mostra a comparação da equivalência energética de 1m³ de biogás e outras fontes de energia:

Tabela 1 - Equivalência energética de biogás e outras fontes de energia

Fonte energética	Quantidade
Gás de cozinha	0,40 kg
Gasolina	0,61 a 0,70 litros
Óleo diesel	0,55 litro
Etanol	0,80 litro
Carvão vegetal	0,74 kg
Querosene	0,58 litro
Energia Elétrica	1,25 a 1,43 kWh
Lenha	1,60 a 3,50 kg

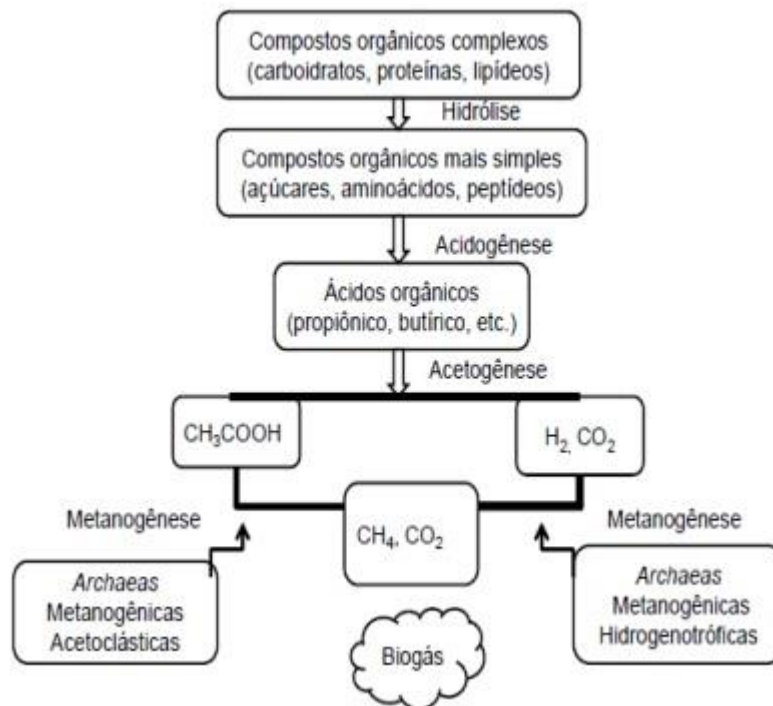
Fonte: Coldbella (2003), Teixeira (2003), Pompermayer (2008)

3.5 Processos de biodigestão anaeróbia:

A digestão é um procedimento biológico causado pelas bactérias. O processo de digestão é feito pelas bactérias anaeróbias, logo, elas não sobrevivem em ambientes com oxigênio. Quando existe a presença de oxigênio na mistura, o processo de digestão apenas será iniciado após as bactérias aeróbias consumirem todo o oxigênio presente (TEIXEIRA, 2005 e SOARES J, 2011).

A figura 1, mostra a seqüência envolvida na digestão anaeróbia:

Figura 1- Seqüência envolvida na digestão anaeróbia



Fonte: Macêdo (2006).

Conforme diz Chernicharo (2007), as quatro fases da digestão podem assim ser definidas:

1. **Hidrólise:** é a fase inicial do processo, onde a matéria orgânica é convertida em materiais dissolvidos mais simples. Essa degradação ocorre através das bactérias hidrolíticas, sendo então necessária a produção de exoenzimas excretadas pelas bactérias fermentativas hidrolíticas que degradam proteínas, aminoácidos e carboidratos em mono e dissacarídeos e convertem lipídios em ácidos graxos e em glicerina.
2. **Acidogênese:** é a conversão dos produtos solúveis da fase anterior, hidrólise, em compostos que incluem ácidos graxos voláteis, alcoóis, ácido láctico, gás carbônico, hidrogênio, por meio das bactérias acidogênicas, as quais são exclusivamente anaeróbias, entretanto, aproximadamente 1% são facultativas, o que são de suma importância pois consomem o oxigênio no meio.

3. Acetogênese: nesta etapa as bactérias acetogênicas são responsáveis pela conversão de um espectro vasto de composto gerados na fase anterior em substrato apropriado para as archeas metanogênicas. Os produtos gerados nessa fase são: hidrogênio, dióxido de carbono e acetato.
4. Metanogênese: é a etapa final do processo, onde são gerados o metano e dióxido de carbono. Estes produtos são gerados pelas bactérias archeas metanogênicas. Em conformidade com a afinidade por substratos distintos, as archeas são divididas em dois grupos principais: as acetoclásticas que formam o metano com base no ácido acético e as hidrogenotróficas que utilizam o hidrogênio e dióxido de carbono para a formação do metano.

A produção de biogás pelas bactérias metanogênicas é dada pela função da temperatura que é operado o biodigestor. Quanto mais elevada a temperatura mais eficiente será o resultado. Como as bactérias são muito sensíveis a mudanças de temperatura, caso ocorra uma queda da mesma isso leva ao retardamento do processo. As bactérias metanogênicas podem ser divididas em dois grupos, dependendo da temperatura do substrato: bactérias mesofílicas e as termofílicas.

As bactérias mesofílicas a temperatura ideal para esse grupo fica na faixa dos 36,5° C , mas entre 20°C a 45°C elas já se desenvolvem.

As bactérias termofílicas possuem maior velocidade de digestão. Só se desenvolvem em temperaturas superiores a 45°C, a temperatura ideal para esse grupo fica na faixa dos 56°C.

3.6 Fatores que influenciam na digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia é o procedimento em que bactérias decompõem a matéria orgânica em um meio sem a presença de oxigênio . Assim é importante que se note os fatores que influenciam e interferem na maior ou menor produção de biogás.

3.6.1 Temperatura

Este é talvez um dos parâmetros mais críticos para ser mantido num intervalo desejado. As bactérias que operam na faixa mesofílica são mais robustas e podem tolerar maiores alterações nos parâmetros ambientais, incluindo a temperatura (ZAHER *et al.*, 2007).

De acordo com Paterson (2010) se a temperatura estiver acima ou abaixo de sua faixa ótima de desenvolvimento, os microrganismos relevantes do processo podem ser inibidos ou, em casos extremos, sofrer danos inevitáveis. Os três grupos de microrganismos envolvidos na decomposição, divididos de acordo com sua temperatura ótima são os psicrófilos, que atuam em temperaturas inferiores a 25°C, os mesófilos que têm seu crescimento ótimo entre 37 e 42°C e onde se encontram a maioria das bactérias formadoras de metano e, os termófilos que têm seu melhor desempenho na faixa entre 50 e 60°C.

3.6.2 Tipo de resíduo

O tipo de resíduo, matéria orgânica, é fundamental pelo fato de manter a relação carbono/nitrogênio favorável e para manter a quantidade de sólidos voláteis deve ser suficiente para garantir a boa quantidade (esses dois fatores que dependem da matéria orgânica escolhida).

3.6.3 Quantidade de água

Matérias orgânicas com baixa umidade necessitam de acréscimo de água para que atinja a relação propícia. Segundo o manual do biodigestor da EMBRAPA, a relação deve ser de 1:1.

3.6.4 Relação carbono/nitrogênio

A relação C/N deve estar entre 20 e 30:1, porém quando essa relação estiver baixa haverá um acúmulo de amônia na biodigestão, aumentando então o valor do pH e por conseqüência a inibição da atividade dos microorganismo metanogênicos. E quando essa relação for muito elevada, haverá um consumo muito grande de nitrogênio, diminuindo assim a produção de biogás. (RODRIGUES, 2005)

3.6.5 Tempo de retenção

O tempo de retenção influencia no rendimento, por que a retirada precoce do substrato resulta na ineficiência por não utilizar todo o potencial da matéria orgânica, enquanto a retirada tardia, significa a ineficiência pela perda de tempo desnecessária.

O tempo de detenção necessário para a realização das reações de digestão anaeróbia varia com as diferentes tecnologias aplicadas, temperatura de processo e composição dos resíduos. O tempo de detenção para resíduos tratados em digestores operados na faixa mesofílica pode variar de 10 a 40 dias; podendo este tempo ser menor caso o biodigestor seja operado na faixa termofílica (IGONI *et al.*, 2007).

3.6.6 Ph

O pH ideal para o processo de digestão anaeróbia, deve estar próximo a 7,0 podendo ocorrer variação de 6,6 a 7,6. Para ocorrência da anaerobiose este parâmetro é essencial para a alta taxa de produção de metano (ECKENFELDER, 2000).

O pH varia em resposta às conversões biológicas durante os diferentes processos de digestão anaeróbia. Quando apresentados valores baixos de alcalinidade total, um pH estável indica equilíbrio e estabilidade do sistema, por outro lado, a queda do pH pode indicar o acúmulo de ácido e, conseqüentemente, instabilidade do digestor (ZAKER *et al.*, 2007).

3.7 Biofertilizante

É o subproduto da biodigestão, segundo Vieira (2011) é uma substância que contem microorganismos que quando são aplicados nas sementes, plantas ou solo promovendo o crescimento delas pelo aumento dos nutrientes. Este material é isento de agentes causadores de pragas e doenças as plantas, não tem odor e por isso não atrai moscas, insetos ou qualquer tipo de agentes proliferadores de doenças.

Segundo Medeiros e Lopes (2006) os biofertilizantes detêm compostos bioativos que são originados a partir da biodigestão de compostos orgânicos de

origem animal e vegetal. Como componentes do biofertilizante são encontradas células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbico, anaeróbico e fermentação (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) assim como metabólitos e quelatos organominerais em solutos aquosos.

De acordo com Moreno (2011), dependendo da carga utilizada e do processo seguido, o biofertilizante pode ser apresentado na forma líquida, provindo de digestores contínuos com elevada taxa de carga e baixo teor de sólidos ou no estado sólido, geralmente provindos de biodigestores semi contínuos. De forma geral, todos os produtos biológicos obtidos, são boas opções de melhoria para as propriedades físicas do solo em função de proporcionarem níveis interessantes de matéria orgânica estabilizada possibilitando a redução de problemas de compactação e suscetibilidade à erosão do solo.

O biofertilizante contribui para o restabelecimento do teor de humos do solo, fazendo com que melhore as propriedades químicas e físicas e ajudando na melhoria da atividade microbiana do solo.

4 METODOLOGIA

O objetivo principal deste projeto foi a implantação de um biodigestor anaeróbia para produção de gás através do uso de dejetos animais gerados na propriedade rural. Entre a composição do biogás, tem-se o gás metano com seu poder calorífico variando entre 5.000 a 7.00 kcal/m³, alcançando valores de até 12.000kcal/m. Isto ocorre quando for totalmente eliminado o gás carbônico da mistura, nesse processo há produção de energia barata e ainda utiliza dejetos animais que estariam causando danos no ambiente (BATISTA, 1981).

O modelo de biodigestor escolhido para a aplicação neste trabalho foi o de batelada. Por ser de modelo descontínuo, o biodigestor foi carregado uma vez com uma quantidade total de 80 kg de matéria orgânica e depois totalmente fechados por um período de 45 dias.

Optou-se por usar este modelo, por ser um modelo de biodigestor mais simples e de pequena exigência operacional, para melhor manuseio do proprietário. Os modelos chinês e indiano são mais utilizados para atender propriedades em que a disponibilidade de biomassa ocorre em períodos curtos. O modelo escolhido adapta-se melhor quando essa disponibilidade ocorre em períodos mais longos(JORGE e OMENA, 2012).

4.1 Propriedade

A localidade onde foi feita a implantação do biodigestor, se encontra no interior de Caçapava do sul, a aproximadamente 23 km do centro da cidade. Localizada no Rincão de Lourdes as margens da BR 290 (figura 2).

Figura 2- Mapa com a localização da propriedade



Fonte: Autora 2017.

Na propriedade residem quatro pessoas. Pelo fato de ser utilizado muito fogão a lenha o consumo de gás GLP é de aproximadamente um botijão a cada três meses. A realização deste trabalho será feita apenas com os animais que ficam na sede da propriedade. Contendo ao total, 31 animais, desse total 21 ovinos e 10 bovinos.

4.2 Materiais utilizados na construção do biodigestor:

Para a construção do biodigestor, procurou-se utilizar alguns materiais que pudessem ser reaproveitáveis para ter um custo benefício melhor e também para a utilização de matérias que seriam descartados.

O recipiente utilizado para servir de biodigestor, foi uma bombona de 200 litros, onde foram acopladas saídas para recolher o gás produzido e também para drenagem dos fluidos. A Tabela 2 apresenta os componentes utilizados, suas medidas e também a quantidade.

4.2.1 Construção do misturador

O primeiro passo para a construção do misturador foi fazer um orifício central na tampa, para passar o misturador (todo o misturador foi feito utilizando-se tubos e conexões de 25 mm de diâmetro, para maior robustez).

Para a construção da parte interna do misturador foram utilizados as seguintes peças:

Tabela 2 - Materiais utilizados na construção interna do misturador

MATERIAL	MEDIDA	QUANTIDADE
Flange	25 mm	1
Cruzeta galvanizada	$\frac{3}{4}$ "	1
Adaptador PVC soldável	25mm	4
Cano PVC (interno)	20 mm	?
Tê	25 mm	1
Tampão	25 mm	4

Fonte: Autora(2017).

Para a construção da manivela para a rotação foram utilizados os materiais a seguir:

Tabela 3- Materiais utilizados na manivela

MATERIAL	MEDIDA	QUANTIDADE
Tê	25 mm	1
Joelho	20 mm	1
Cano PVC	20 mm	?
Luva de rotação	20 mm	1
Tampão	25 mm	1

Fonte: Autora(2017).

A figura 3, mostra o misturador montado com a manivela.

Figura 3- Misturador, parte interna e externa, respectivamente, com a manivela.



Fonte: Autora (2017).

4.2.2 Construção dos drenos

Foram projetados dois drenos para esse biodigestor: o superior, situado a 45 cm do fundo, e o inferior a 12,5 cm do fundo do biodigestor. Para a construção dos drenos foram usados uma flange e um registro, ambos de 25 mm de diâmetro.

4.2.3 Construção da saída de gás

Foi construída a saída de gás (figura 4), em um registro o gás sai diretamente para a câmara de pneu onde o gás ficara estocado antes de ser transportado para o botijão de gás. A outra saída é para o manômetro para medir a pressão interna do biodigestor. Tabela 4, mostra todos os materiais utilizados.

Tabela 4- Materiais utilizados para a construção da saída de gás
(continua)

MATERIAIS	MEDIDA	QUANTIDADE
Flange	25 mm	1
Joelho PVC	90°	1
Tê	25 mm	1
Registro	25 mm	2
Luva com rosca	25 mm	1
Espigão	¼	2

Tabela 5- Materiais utilizados para a construção da saída de gás
(conclusão)

MATERIAIS	MEDIDA	QUANTIDADE
Adaptador	25 mm	1
Câmara de pneu		1
Mangueira transparente	¼'	4 metros

Fonte: Autora (2017)

Figura 4- Saída do gás.



Fonte: Autora(2017).

O registro da saída do gás está conectado a câmara de pneu, após encher essa câmara foi utilizada um motor de geladeira para transportar o gás até o botijão. A figura 5 mostra o esquema montado.

Figura 5- Biodigestor com a câmara conectada a ele e ao botijão de gás



Fonte: Autora(2017).

4.2.4 Construção do manômetro

Foi construído um manômetro para fim de medir a pressão interna do biodigestor. Para a construção foi utilizado uma mangueira transparente de ¼" fixa em formato de U num suporte de madeira. Na mangueira foi colocado água. Uma das extremidades foi conectada a uma saída de gás controlada por um registro e a outra extremidade fixada no suporte de madeira.

4.3 Carga do Biodigestor

A matéria prima para a realização deste trabalho foi o esterco dos ovinos e bovinos da propriedade. Foram coletados diretamente dos currais. Tabela 5 mostra o tipo e quantidade de resíduos utilizados.

O esterco não pode estar seco. Segundo o manual de construção de biodigestores da Embrapa (1981), ele deve ser sempre diluído em água, na proporção 1:1.

Tabela 6- Tipo de resíduo e quantidade utilizada no biodigestor

Resíduo	Quantidade
Esterco de bovinos fresco	42 kg
Esterco de ovinos fresco	38 kg
Água	80 litros

Fonte: Autora (2017).

4.3.1 Resíduo da ovinocultura e bovinocultura

A matéria orgânica que será utilizada para a produção de biogás nesse projeto, foi os dejetos da ovinocultura e da bovinocultura. Foi escolhido essas biomassas, principalmente pela propriedade onde será implantado o biodigestor ter essa criação o que seria mais acessível. Na tabela 6 mostra a capacidade de produção de biogás e a concentração de metano por espécie animal.

Tabela 7- Expectativa de produção de biogás por biomassa

Biomassa produzida (dejetos)	Produção de biogás (a partir de material seco em m³. t-1)	Percentual de gás metano produzido
Bovinos	270	55%
Suínos	560	50%
Equinos	260	Variável
Ovinos	250	50%
Aves	285	Variável

Fonte: Ganzerla, (1983). Adaptado por Colatto e Langer (2012).

Podemos perceber que o percentual de gás metano gerado com a os dejetos de ovinos é de 50% e bovinos com 55%. Contudo, salienta-se que a produção de CH₄ pode ter uma variação de acordo com a alimentação das espécies, sabendo que animais confinados tendem a produzir maiores quantidades de CH₄ (COLATTO e LANGER, 2012).

4.4 Determinação do pH

No procedimento para a determinação do pH foi colocado 50mL do lixiviado em um Becker de 100 mL. A leitura do pH foi realizada no equipamento pHmetro, mostrado na Figura 6.

Figura 6- Equipamento utilizado na determinação do pH



Fonte: Autora (2017)

4.5 Análise química do resíduo

A análise química foi feita no laboratório de solos da UFSM (Universidade Federal de Santa Maria). Após os 45 dias, foi coletado 1 kg do resíduo gerado no processo e mandado para o laboratório.

4.6 Custo para a construção do biodigestor

A tabela 8 mostra a relação de materiais utilizados e seus respectivos valores, para mostrar o custo benefício do projeto:

Tabela 8 - Custo para a construção do biodigestor

MATERIAIS	MEDIDAS	QUANTIDADE	VALOR (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
Flange	25 mm	2	10,00	20,00
Cruzeta Galvanizada	$\frac{3}{4}$	1	15,00	15,00
Adaptador PVC soldável	25 mm	5	1,20	6,00
Cano PVC	20 mm	2 metros	10,00	20,00
Tê	25 mm	3	1,50	4,50
Tampão	25 mm	5	1,50	7,50
Joelho	90°	2	2,00	4,00
Luva de rotação	20 mm	1	5,00	5,00
Registro	25 mm	2	20,00	40,00
Luva rosca	25 mm	1	5,00	5,00
Espigão	$\frac{1}{4}$	2	10,00	20,00
Câmara de pneu		1	35,00	35,00
Mangueira transparente	$\frac{1}{4}$	4 metros	2,00	8,00
Bombona	200 L	1	60,00	60,00
				Total = 250,00

Fonte: Autora (2017)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As leituras do pH foram feitas a partir do quinto dia, transcorrendo de dez em dez dias até a abertura do biodigestor para as análises laboratoriais. De acordo com PAIXÃO et al. (2012) o pH do composto pode ser considerado um indicativo do estado de biodigestão dos resíduos, caracterizando-o em ácido (pH inferior a 7), básico (pH maior que 7) ou neutro (pH igual a 7). Durante o início do processo, o pH decresce até valores de, aproximadamente, 4 (de caráter ácido), e posteriormente, aumenta gradativamente com a evolução do processo de decomposição e estabilização do composto, finalmente, valores entre 7 e 8 (de caráter neutro a básico). Como apresenta a tabela 9 o processo ocorreu de forma adequada em relação aos valores indicados para o pH, estando inicialmente ácido, e alcançando valores básicos no final do experimento. Esses valores indicam que o composto havia sido estabilizado.

Tabela 9- Valores de pH durante o processo

Dia	pH
5	3,8
15	4
25	5,5
35	6,8
45	7,2

Fonte: Autor (2017)

Podem ser considerados tóxicos os componentes causadores de efeito adverso sobre o metabolismo bacteriano, sendo estes, os responsáveis pela falha eventual de digestores anaeróbios.

De acordo com Zaher *et al.* (2007) os metais pesados, são alguns dos materiais tóxicos inibidores do crescimento padrão das bactérias, os sais minerais (sódio, potássio, cálcio, magnésio, e enxofre) quando estiverem em baixas concentrações incentivam o crescimento bacteriano, porém tornam-se inibidores quando suas concentrações aumentam, assim ocorre também, com os metais pesados (cobre, níquel, zinco, chumbo) os quais são fundamentais para o crescimento bacteriano em pequenas quantidades, enquanto em quantidades mais altas têm um efeito tóxico.

Para Britro (2008), o valor de cálcio encontrado foi de 7,2 cmolc/L o que mostra que o apresentado nessa análise está a baixo do desejado. Já para valores de magnésio foi encontrado pelo autor 3,4 cmolc/L, portanto, obtive valor consideravelmente mais alto que o necessário. O mesmo acontece para o elemento potássio, dado que o autor encontrou médias de 0,94 cmolc/L, o que é inferior ao encontrado na análise, 2,046 cmolc/L.

A relação carbono/nitrogênio segundo Rodrigues (2005), deve estar entre 20 e 30:1. E quando essa relação estiver muito elevada, acarretará um consumo muito grande no consumo de nitrogênio, diminuindo assim a produção de biogás. Conforme a tabela 10, a relação encontrada foi de 38:1,8 encontrando-se à cima da relação desejada o que pode ter dificultado a produção do biogás.

Tabela 10 - Resultados da análise química¹.

Variável	Valor
K (mg/L)	800
Zn (mg/L)	16,26
Cu (mg/L)	1,86
S (mg/L)	29,6
Fe (mg/L)	1060,2
Mn (mg/L)	9,5
Na (mg/L)	180
Ca (cmolc/L)	4,418
N (%)	1,83
C (%)	38,09

Fonte: Autora (2017)

¹Análises feitas no laboratório de solos da UFSM.

Quando comparamos com Ribeiro et al. (2011) em distintas matérias orgânicas o valor médio de cobre é 0,0038 g kg⁻¹, percebemos que os níveis no substrato está abaixo do encontrado na literatura . O mesmo autor encontraram uma média de 0,0254 e 0,0374 g kg⁻¹ para zinco e boro respectivamente, o que nos leva a perceber que esses dois elementos também estão a baixo do recomendado (Tabela 8).

Na tabela 11 foi apresentado a relação de Ca/Mg e Ca+Mg/K necessária para o uso de fertilizantes no solo. Sendo que os resultados obtidos nas análises laboratoriais do resíduo do biodigestor, como é exibido na tabela 12, foi de 0,9 e 4,5 respectivamente. Mostrando que a relação de cálcio/magnésio e cálcio + magnésio/potássio estão baixos.

Tabela 11 - Relação Ca, Mg, K

Faixas	Relações	
	Ca/Mg	Ca+Mg/K
Baixo	< 1	<10
Médio	1 - 2	10-19
Alto	>2	>30

Fonte: Souza & Lobato(2004).

Tabela 12 - Resultados laboratoriais para relação Ca/Mg, Ca+Mg/K

Relação	Valor
Ca/Mg	0,9
Ca+Mg/K	4,5

Fonte: Autora (2017).

Comparando os valores que obtive na análise, tabela 13, com o encontrado na literatura (tabela 14) podemos observar que os valores de matéria orgânica esta baixo sendo de 11,5% e o adequado seria de 36 a 52. O resultado para a análise de cálcio ficou adequado estão entre 1,5 a 7,0. O magnésio obteve um valor de 4,891 o que esta alto, assim como o fósforo e o potássio atingiram valores muito elevados sendo de 399 mg/L e 800 mg/L sendo que seus valores adequados seriam de 4,1 a 6,0 mg/L e 51 a 80 mg/L respectivamente.

Tabela 13– Resultados laboratoriais para MO, CTC, Ca, Mg, P e K.

Variável	Valor
MO (%)	11,5
CTC pH 7	12,2
Ca (cmol/L)	4,418
Mg (cmolc/L)	4,891
P (mg/L)	399,7
K (mg/L)	800

Fonte: Autora, 2017

Tabela 14 - Critérios de interpretação para matéria orgânica (MO), CTC, Ca, Mg, P, K.

Variável	Classe de interpretação			
	Baixo	Médio	Adequado	Alto
MO	< 28	28 a 35	36 a 52	>52
CTC a pH 7	< 9,6	9,6 a 12,0	12,1 a 18,0	>18
Ca (cmolcdm^{-3})	<1,5	-	1,5 a 7,0	>7,0
Mg (cmolc dm^{-3})	< 0,5	-	0,5 a 2,2	>2,0
P (mg dm^{-3})	<3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	>6,0
K (mg dm^{-3})	≤ 25	26 a 50	51 a 80	>80

Fonte: Souza & Lobato(2004).

A capacidade de troca de cátions (CTC) é a responsável pela retenção de nutrientes, favorecendo a absorção destes pelas plantas (MATOS, 2006). Em resíduos orgânicos a CTC origina-se e tem seu valor aumentado com a decomposição do material, com isso, tem sido considerada uma excelente variável a ser utilizada para monitoramento e comprovação de maturação desse resíduo (PEREIRA NETO, 2007). Logo, como mostrado nas comparações das análises laboratoriais com a literatura o valor da CTC está adequada, com 12,2%.

Não foi registrado produção de gás durante o processo o fato pode justificado pelo tempo curto de duração. Segundo Oliveira (2005), para que a decomposição ocorra de forma satisfatória, deve-se deixar o sistema em repouso de 9 a 16 semanas. O biodigestor foi mantido fechado durante apenas 45 dias, aproximadamente 6 semanas, devido a necessidade de apresentação dos resultados.

Outro fator que pode ter prejudicado a geração de gás foi à temperatura. Segundo Freitas (2011), temperaturas baixas ou muitas oscilações tornam-se um fator limitante no processo de biodigestão anaeróbia. Em localidades que as condições climáticas possuem temperaturas baixas ou possui grande variação térmica, pode não ocorrer à produção de biogás devido a inibições na atividade microbiana. A temperatura é um fator que compromete rigorosamente na termodinâmica das reações, alterando a velocidade específica de aproveitamento do substrato, e a dissociação dos compostos (MENDONÇA, 2009).

Como a temperatura é um fator determinante para o bom funcionamento do biodigestor, o mesmo pode não ter gerado gás por ter sido implantado no inverno nos meses de agosto e setembro onde a temperatura alcança valores baixos. Quanto mais constante for à temperatura ambiente, mais rápida será a decomposição dos dejetos. Deve-se implantar esse biodigestor, em temperatura entre 20 e 30 graus Celsius, para que a reação possa ocorrer de forma adequada (SECHINEL et al, 2011).

No trabalho realizado por Amorim, Lucas Júnior e Resende (2004), nas estações quentes verão e outono, aos 50 dias de retenção já havia sido atingido mais da metade, do total do biogás gerado durante todo o processo, ao mesmo tempo que, no inverno e primavera estes valores estavam na média de 5%.

6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi avaliado que a implantação desse modelo de biodigestor possui baixo custo, fácil aplicação e não requer grandes áreas. Sendo viável a implantação e operação para pequenos agricultores. Em grandes propriedades este modelo não seria indicado, pois atende uma geração pequena de resíduos.

Como a temperatura pode ter sido um fator restritivo para a eficiência do processo, recomenda-se que o mesmo seja realizado nas estações quentes verão e outono.

Outro fator é o tempo de retenção dos resíduos no biodigestor, que foi curto o que pode ter impossibilitado a geração de gás. Então recomenda-se que o processo seja avaliado em um tempo de retenção superior ao ocorrido neste trabalho.

7 REFERÊNCIA

BATISTA, L.F. **Manual técnico construção e operação de biodigestores**. Brasília, 1981.

BRITO, M. J. C. **Processo de Compostagem de Resíduos Urbanos em Pequena Escala e Potencial de Utilização do Composto Como Substrato**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Tiradentes, Aracajú, 2008.

CHERNICHARO, A.C.L. **Reatores Anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. Belo Horizonte: departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007.

CLEAN ENERGY. **Biogás – Parte 1**. São Paulo, 2004. Disponível em: <<http://cleanenergy.blogspot.com.br/2004/11/o-biogs-parte-1-introduo-o-biogs-tem.html>>. Acesso em 11 de setembro de 2017.

COLATTO ,L; LANGER, M. ACET – Áreas das Ciências Exatas e da Terra. Unoesc & Ciência. **Editora Unoesc**. Joaçaba, julho de 2011.

COLDEBELLA, Anderson; SOUZA, Samuel N. M.; FERRI, Priscila; KOLLING, Evandro M. Viabilidade da geração de energia elétrica através de um motor gerador utilizando biogás da suinocultura. Revista Unoeste. **Informe Gepec**. Cascavel, julho de 2008.

DEGANUTTI, R.; PALHACI, M. C. J. P.; ROSSI, M.; TAVARES, R; SANTOS, C. **Biodigestores rurais: modelos indiano, chinês e batelada**. São Paulo, 2002.

DEMIER. G.N. & Chen S. 2005. Two-phase anaerobic digestion of unscreened dairy manure. *Process Biochemistry*. **Elsevier**. New York, NY, USA, 2005.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual do Biodigestor-Dimensionamento e Manejo**. Brasília, 2010.

FARIA, R. A. P. **Avaliação do potencial de geração de biogás e de produção de energia a partir da remoção da carga orgânica de uma estação de tratamento**

de esgoto – estudo de caso. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2012.

FIALHO, J. A. C. **Biogás, independência energética do Pantanal Matogrossense.** EMBRAPA: Corumbá, 1981.

FREITAS, M. B. **Gestão de produção de energia por biodigestores na Cooperativa Regional Agropecuária de Campos Novos e seus integrados.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

GARCIA, J. L.; Patel, B. K. C.; Olliver, B. Taxonomic, phylogenetic, and ecological diversity of methanogenic archaea. *Anaerobe*. Elsevier. San Diego, CA, USA, 2000.

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

JORGE, L., H., A.; OMENA, E. **Biodigestor. Dossiê Técnico.** SENAI: Março, 2012.

OLIVER, A. P. M. **Manual de Treinamento em Biodigestão.** Instituto de Estudos Del Hambre. Salvador, 2008. Disponível em: <http://www.ieham.org/html/docs/Manual_Biodigestao.pdf>. Acesso em 12 de agosto de 2017.

MATOS, A.T. **Prática de Tratamento e Aproveitamento Agrícola de Resíduos Sólidos.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2006.

MENDONÇA, E. F. **Tratamento Anaeróbio de Efluentes Oriundos da Bovinocultura de Leite em Biodigestor Tubular.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel, 2009.

OLIVER, A. de P. L. et al. **Manual de Treinamento em Biodigestão**. Brasília, 2008.

OLIVEIRA, A. M. G.; DE AQUINO, A. M. & NETO, M. T. C., 2005. **Compostagem Caseira de Lixo Orgânico Doméstico**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Brasília, 2005.

PAIXÃO R. M.; SILVA L. H. B. R.; TEIXEIRA T. M. **Análise da Viabilidade da Compostagem de Poda de Árvore no Campus do Centro Universitário de Maringá – CESUMAR**. VI Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica: Maringá, 2012. Disponível em: <http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/mostras/vi_mostra/rebecca_manesco_paixao_1.pdf>. Acesso em 15 de novembro de 2017.

PATERSON, M. **Guide to Biogas. From Production to Use**. Gülzow, Alemanha, 2010.

PEREIRA NETO J.T. **Manual de Compostagem, Processo de Baixo Custo – Ed. Revisada e aumentada**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007.

PINTO, L. P. et al. **Levantamento de Dados Sobre os Dejetos Suínos e suas Características**. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 3, p. 179-187, 2014.

POMPERMAYER, Raquel de S.; JÚNIOR, Durval R. de P. **Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos**. Campinas, 2003.

PRADO, P. I. L. A.; MOURA, J. M.; FERNANDES, A. T.; CAMPOS, P. C. P. **Viabilidade econômica de um biodigestor no IFMT *campus* Cuiabá Bela Vista**. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental: Goiânia, 2012

RIBEIRO P. H.; SILVA V.M.; RABELO A.F. **Teores de Zinco, Cobre, Boro, Ferro e Manganês Em Composto com Esterco Bovino e Compostos de Gliricídiæ Capim Elefante**. XV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e XI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação: José dos Campos, 2011.

RODRIGUES, A. A. L. S. **Co-digestão anaeróbia de resíduos de natureza orgânica**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Aveiro. Aveiro, Portugal, 2005.

SEICHINEL, A.; MENDONÇA, B.; PEGORARO, C.; FERNANDES, E.; LIMA, G.; GOMES, L.; SILVA, P.; SALGADO, R.; COMITRE R. & OLIVEIRA V. S. **Construção de um Biodigestor Caseiro para Obtenção de Biogás e Adubo**. IX Simpósio de Base Experimental das Ciências Naturais: Santo André, 2011.

SOARES, J. **Construção de Biodigestores Didáticos e Estudo da Biodigestão de Co-produtos do Biodiesel**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em <http://www.alexbrasil.com.br/_upload/9e3ccd3123dc386ab277815f7a43c366.pdf> Acesso em 18 de Agosto de 2017.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado. Correção do Solo e Adubação**. Embrapa Cerrados: Brasília, 2004.

TEIXEIRA, V. H. **Biogás**. Ed. Minas Gerais: Lavras, 2005.

ZAHER, U. et al. **Producing Energy and Fertilizer From Organic Municipal Solid Waste. Department of Biological Systems Engineering**. Washington, DC, USA, 2007. Disponível em: <<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/0707024.pdf>>. Acesso em 17 de outubro de 2017.