

**INSTITUTO EDUCAR BRASIL
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

**STEFANY SOUZA GOMES
THIELE RAMOS DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE TÉCNICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO
BIOGÁS EM UM FRIGORÍFICO DE MÉDIO PORTE**

**TEÓFILO OTONI / MG
2017**

**STÉFANY SOUZA GOMES
THIELE RAMOS DE OLIVEIRA**

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

**ANÁLISE TÉCNICA E ECONÔMICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A
PARTIR DO BIOGÁS EM UM FRIGORÍFICO DE MÉDIO PORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia Elétrica das
Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Elétrica
Orientador: Prof. Felipe Lagoas

TEÓFILO OTONI / MG

2017



FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

O trabalho de Conclusão de Curso intitulado ANÁLISE TÉCNICA DA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS EM UM FRIGORÍFICO DE MÉDIO PORTE, elaborado pelas alunas Stéfany Souza e Thiele Ramos De Oliveira foi aprovado por todos os membros da banca examinadora e aceito pelo curso de Engenharia Elétrica das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni como requisito parcial para a obtenção do título de

BACHAREL EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Teófilo Otoni, 11 de dezembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Felipe Lagoas

Examinador

Examinador

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, que sempre nos deram exemplos de vida e apoio durante essa jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradecemos a Deus, que nos guiou nessa longa e cansativa jornada, nos dando sabedoria e força para não desistir.

Aos nossos amados pais e familiares por compreenderem nossa ausência, nos apoiarem e incentivarem a busca pelo conhecimento, dando todo o suporte necessário para a conclusão deste trabalho.

Ao nosso orientador, professor Felipe Lagoas, por ter nos auxiliado no decorrer de nossa formação, e em especial no decorrer deste trabalho, apontando os erros ao longo do caminho, nos apoiando, incentivando nossos estudos para melhor elaboração do mesmo.

Ao senhor Jaques Carvalho e seu filho Renan, juntamente com toda sua equipe, por ter acreditado em nosso trabalho e por ter abertas as portas do Frigorífico Boi da Terra, sempre com muita disponibilidade em ajudar e a receber visitas técnicas em qualquer horário, com empenho em sanar nossas dúvidas e questionamentos necessários ao levantamento de dados para o desenvolvimento deste trabalho.

E a todos os outros que de forma direta ou indiretamente vieram a contribuir na elaboração deste.

ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica

Art. - Artigo

CDI – Ignição por descarga capacitiva

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais

CH⁴ – Metano

CO² – Dióxido de Carbono

GD- Geração distribuída

h - Hora

KWh – Quilowatt - hora

M- metros

M³ - metros cúbicos

MDL- Mecanismo de Desenvolvimento limpo

MMA – Ministério Meio Ambiente

MME – Ministério Minas e Energia

ON GRID – Sistema Conectado à Rede

pH – potencial hidrogeniônico

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica

PROINFA – Programa de incentivo as fontes alternativas de energia elétrica

TDH - tempo de detenção hidráulica

TRH – tempo de retenção hidráulica

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma das etapas dos processos	29
Figura 2 - Esquema da digestão anaeróbica de matéria orgânica	31
Figura 3 - Primeiros biodigestores construídos no Sertão do Araripe	35
Figura 4 - Biodigestor Indiano detalhado	36
Figura 5 - Biodigestor indiano	37
Figura 6 - Biodigestor Chinês detalhado	39
Figura 7 - Biodigestor Chinês	39
Figura 8 - Biodigestor Da Marinha Brasileira detalhado	40
Figura 9 - Biodigestor Marinha	40
Figura 10 - Biodigestor de Batelada	41
Figura 11 - Turbina a gás e gerador de energia elétrica	43
Figura 12 - Motores Alternativos Ciclo Diesel	44
Figura 13 - Motores Alternativos Ciclo Otto	45
Figura 14 - Frigorífico Boi da Terra	52
Figura 15 - Curral de descanso	52
Figura 16 - Escoamento dos dejetos	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção mensal do biogás gerado	59
Gráfico 2 - Histórico de consumo do Frigorífico Boi da Terra	66
Gráfico 3 - Energia gerada a partir da produção do biogás	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela comparativa da produção diária de biogás e energia por espécie animal.....	33
Tabela 2 - Biodigestores com pouca profundidade	37
Tabela 3 - Biodigestores com maior profundidade	38
Tabela 4 - Quantidade de animais abatidos mensalmente	55
Tabela 5 - Animais abatidos diariamente a cada mês	56
Tabela 6 - Produção mensal do biogás gerado	59
Tabela 7 - Histórico de consumo do Frigorífico Boi da Terra	63
Tabela 8 - Histórico de Energia gerada a partir da produção do biogás	65
Quadro 1 - Descrição das etapas da digestão anaeróbica	31
Quadro 2 - Comparação de desempenho de 3 modelos de biodigestores	41

RESUMO

A energia elétrica tem uma grande importância para o desenvolvimento mundial em termos tecnológicos e econômicos, para atender a demanda energética nas diversas áreas causados o mínimo de impacto seja ele social ou ambiental. O Governo busca novas fontes de energia para suprir essa demanda. A produção de dejetos na agropecuária gera grandes quantidades de resíduos sem valor agregado, estes, que são fontes poluidoras do meio ambiente. Esses dejetos podem ser tratados em biodigestores através de digestão anaeróbica gerando assim, o biogás, sendo este utilizado como combustível, que está sendo o foco da pesquisa realizada no Frigorífico Boi da Terra, localizado em Teófilo Otoni – MG. A análise técnica realizada nesta propriedade, produz em média 14.696 Kg/mês de dejetos bovinos, onde os resultados mostraram que o uso do biogás como combustível na geração de energia elétrica é inviável para a implantação de um sistema de biodigestão e de uma central geradora de energia elétrica no Frigorífico, consideramos que o tratamento de biomassa residual como média anual 1469 bovinos abatidos, permitirá gerar 10522,26 m³ por ano de biogás que convertido representa 2500,95 kW por ano, onde será suficiente suprir apenas 0,28% da energia elétrica consumida.

Palavra chave: Biomassa. Biogás. Biodigestores. Geradores. Energia Elétrica

ABSTRACT

The electricity has a great importance for the world development in technological and economic terms, to meet the demand emerge in the various areas caused the least impact and social or environmental. The Government seeks new sources of energy to meet this demand. The production of waste in agriculture generates large amounts of waste without added value, these are sources that pollute the environment. These wastes can be treated in biodigestor sthrough anaerobic digestion, thus generating the biogas, being used as fuel, which is being the focus of the resear chcarried out without Fridge Boi da Terra, located in Teófilo Otoni - MG. A technical analysis carried out on this property produces an average of 14,696 Kg / month of bovine manure, where the results are demonstrated by the use of biogas as fuel in the generation of invalid electric energy for the implementation of a biodigestion system and a central electric power generator in the Fridge, we consider that the residual biomass treatment as an annual average 1469 cattle slaughtered, raised 10522.26 m³ per year of biogas which represented 2500.95 kW per year, where it is sufficient to supply only 0.28% of the electricity consumed.

Keyword: Biomass. Biogas. Biodigesters. Generators. Electricity

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 OBJETIVOS.....	27
2.1 Objetivo geral	27
2.2 Objetivos específicos	27
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
3.1 Biomassa residual.....	29
3.1.1 Potencial energético da biomassa.....	30
3.2 Digestão anaeróbia	30
3.2.1 Biogás	33
3.2.1.1 <i>Componente do biogás</i>	34
3.2.1.1.1 <u>Metano – CH₄</u>	<u>34</u>
3.2.1.1.2 <u>Dióxido de Carbono - CO₂</u>	<u>34</u>
3.3 Biodigestor	35
3.3.1 Modelos de biodigestores.....	36
3.3.1.1 <i>Biodigestor Indiano</i>	36
3.3.1.2 <i>Biodigestor Chinês</i>	38
3.3.1.3 <i>Biodigestor da Marinha brasileira</i>	39
3.3.1.4 <i>Biodigestor de batelada</i>	40
3.4 Geração de energia elétrica através do biogás	43
3.4.1 Máquinas de combustão interna	43
3.4.1.1 <i>Turbina a gás</i>	43
3.4.1.2 <i>Motores de combustão interna</i>	44
3.4.1.3 <i>Grupos geradores a biogás</i>	45
3.4.2 Micro geração de energia elétrica através do biogás	46
3.4.2.1 <i>Normatização para mini e micro geração</i>	47
3.4.2.1.1 <u>Resolução 482 ANEEL</u>	<u>48</u>
3.4.2.1.2 <u>Resolução 687 ANEEL</u>	<u>48</u>
3.5 Barreiras e políticas de incentivo à utilização do biogás como 48	
fonte de energia	48
3.5.1 Incentivos	48
3.5.2 Barreiras.....	49
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS da pesquisa	51

4.1 Classificação da pesquisa quanto ao fins	51
4.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios	51
4.3 Procedimento de coleta de dados	52
4.4 Tratamento dos dados	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
5.1 Quantitativo da produção do Biogás.....	56
5.2 Dimensionamento do biodigestor	60
5.3 Dimensionamento do gerador.....	61
5.4 Energia consumida x energia a ser gerada.....	62
6 CONCLUSÃO	67
REFERÊNCIAS.....	69
ANEXO A – CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA	73
ANEXO B – DEMONSTRATIVO DE GRANDEZAS FATURADAS	75

1. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um fator determinante para o desenvolvimento mundial, em que as projeções de crescimento dos países em termos tecnológicos e econômicos, bem como, o crescimento populacional são dependentes desta fonte de energia.

A necessidade de atender a demanda energética nas diversas áreas causando o mínimo de impacto seja ele social ou ambiental, faz surgir à busca e exploração de fontes energéticas alternativas. O Governo Federal busca iniciativas para renovar as fontes energéticas, e a biomassa constitui-se em uma das fontes alternativa para a produção de energia elétrica, visando evitar ou amenizar os apagões que atingem as diversas regiões do Brasil.

A produção de dejetos agropecuária gera grande quantidade de resíduos sem valor agregado, dejetos estes que sempre foram grandes causadores de fonte de poluição, deste modo, podem ser tratados através da digestão anaeróbica gerando o biogás que pode ser utilizado como combustível na geração de energia elétrica.

O Frigorífico Boi da Terra onde é o foco da pesquisa de estudo, localiza-se na cidade de Teófilo Otoni, no estado de Minas Gerais, onde atua na produção animal voltada à bovinocultura, tendo como prática o abate. Em média mensal são produzidos 14.696 kg de dejetos bovinos no Frigorífico que serão analisados por meio de cálculos a viabilidade de utilização do biogás produzido como fonte de geração de energia.

Este estudo apresenta a análise técnica para o aproveitamento energético do biogás na geração de energia elétrica em um frigorífico de médio porte, considerando seus respectivos usos e benefícios. Como motivação fundamentada temos os princípios da política energética que possibilita a transformação de resíduos agropecuários com potencial fonte de poluição em produtos rentáveis como o biogás, o que contribui para a redução dos impactos ambientais, com benefícios econômicos decorrentes de custos evitados com a substituição de fontes convencionais de energia pela energia do biogás, oportunizando assim, a eficiência e a segurança energética.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar tecnicamente a possibilidade da geração de energia elétrica por meio da queima do biogás gerado pelo tratamento de efluente do abatedouro no Frigorífico Boi da Terra, localizado na cidade de Teófilo Otoni -MG.

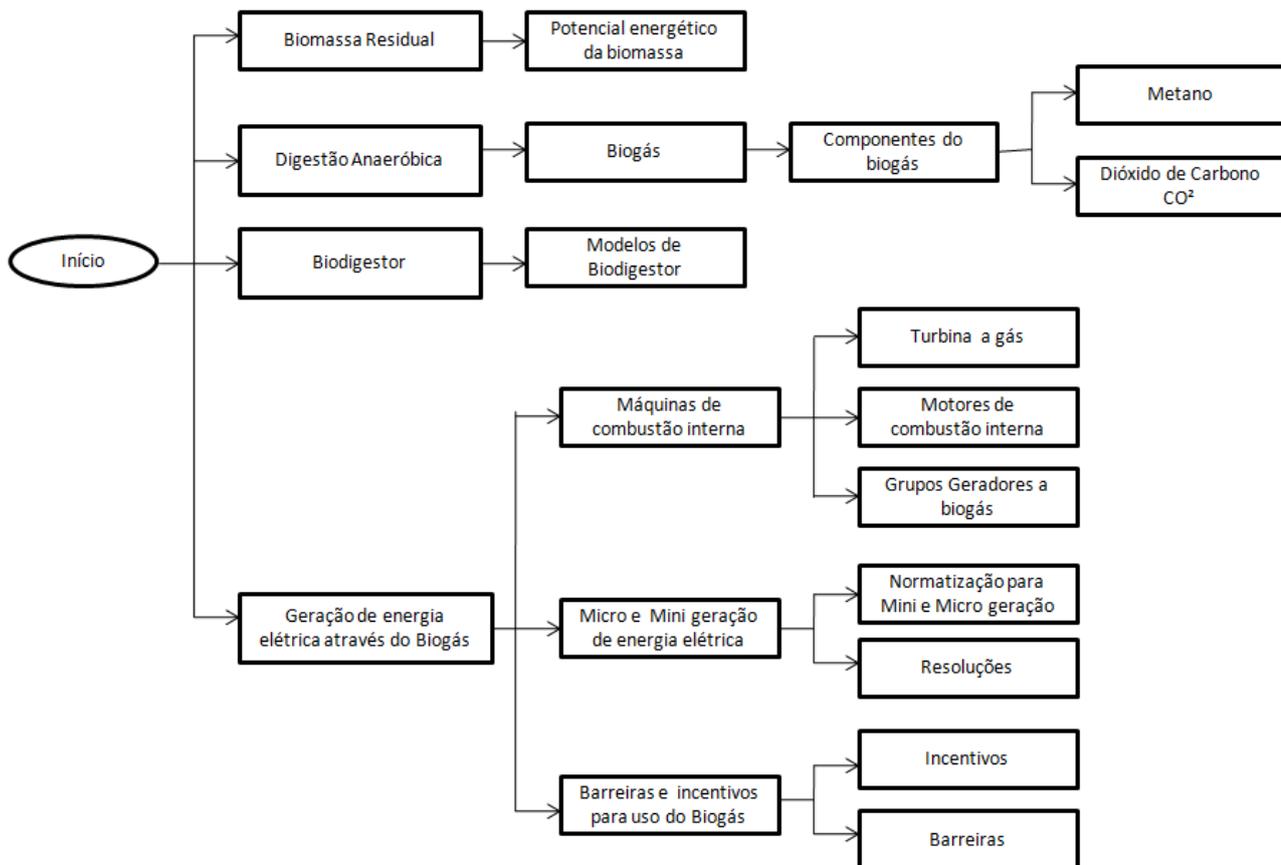
2.2 Objetivos específicos

- Pesquisar os dados sobre a quantidade de resíduos orgânicos gerados no frigorífico anualmente.
- Avaliar o potencial de produção de biogás produzido no Frigorífico Boi da Terra.
- Indicar qual tipo de gerador e o biodigestor específico para atender a demanda;
- Demonstrar o quantitativo de energia gerada através dessa queima do biogás.
- Demonstrar o quantitativo de CO² que deixará de ser lançado na atmosfera

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta pesquisa apresenta uma fonte de energia alternativa para geração de energia elétrica de uma residência, comércio ou indústria.

Figura 1 - Fluxograma das etapas dos processos



Fonte: Autoria Própria

3.1 Biomassa residual

Todos os materiais que realizam decomposição através de ações biológicas, ou seja, pela ação de bactérias, são denominados biomassa (SCHUCH, 2012).

A Agência Nacional de Energia Elétrica considera biomassa todo recurso natural oriundo de matéria orgânica que pode ser utilizada na produção de energia (ANEEL, 2008).

Segundo Schultz (2007), a geração de dejetos é constituída por esterco, urina, resíduos de ração e água. No entanto, sua composição está relacionada ao sistema de manejo adotado.

Conforme citado por Tobias (2002), a composição do dejetos bovino varia em função da quantidade de água usada nas instalações, do tipo de alimento e categoria dos animais, onde a composição mais completa de resíduos líquidos está na fase de crescimento e terminação.

Para o processo de produção devem-se considerar as entradas de insumos (água, energia, ração, medicamentos, sanitizantes), instalações, tipo e categoria da produção, formas de manejo e gerenciamento dos resíduos, visto que o desempenho da produção está vinculado a harmonia entre estes componentes (FERNANDES, 2010).

3.1.1 Potencial energético da biomassa

A biomassa é umas das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis. A partir da sua produção pode-se obter energia elétrica e biocombustíveis, tais como: biodiesel e etanol, cujo consumo é crescente em substituição aos derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina (ANEEL, 2008).

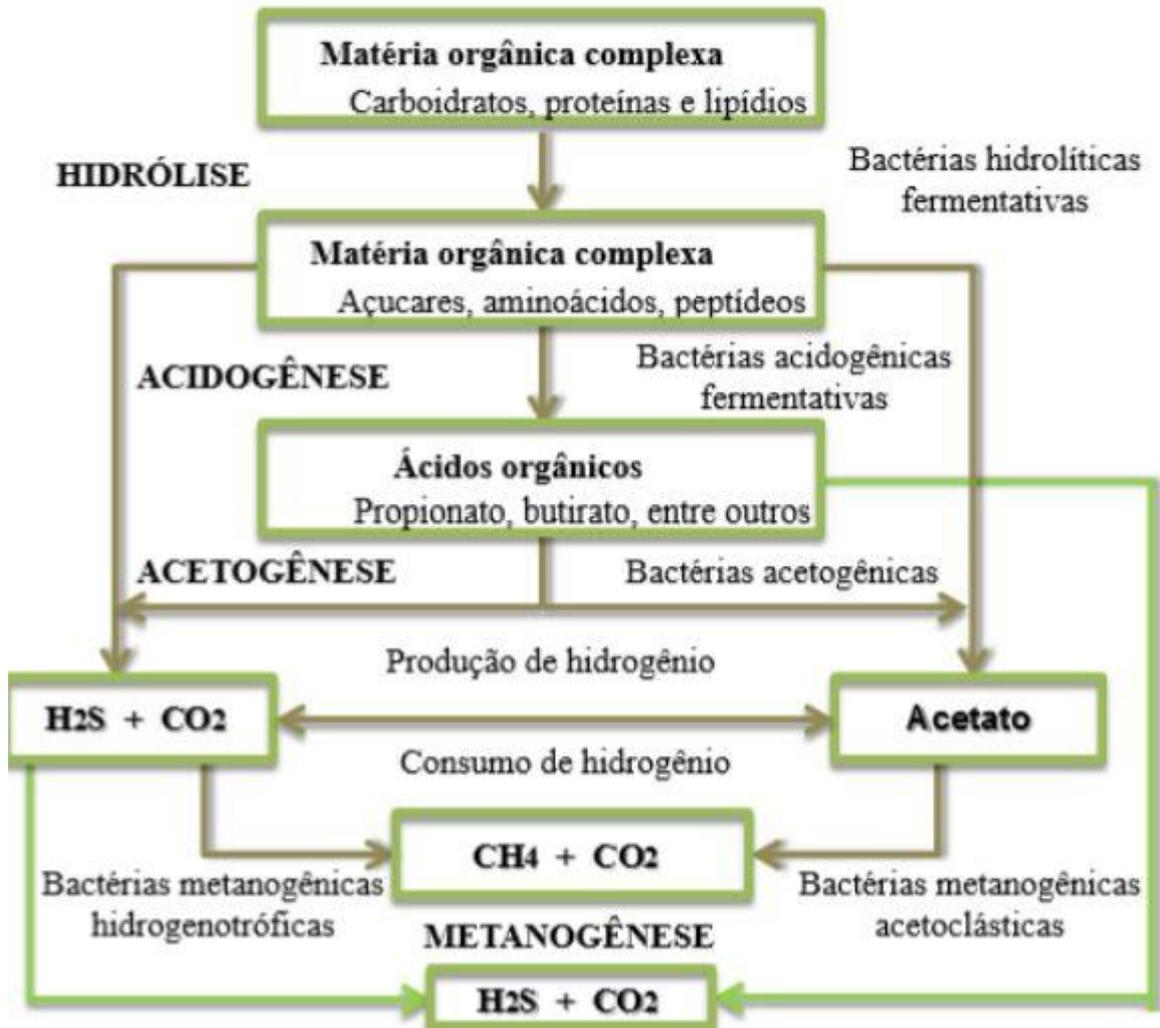
Um das principais vantagens da biomassa é o seu aproveitamento direto por meio da combustão da matéria orgânica em fornos ou caldeiras. Atualmente, a biomassa vem sendo largamente utilizada na geração de eletricidade principalmente em sistemas de cogeração e no suprimento de eletricidade de comunidades isoladas da rede elétrica (PROINFA, 2012)

3.2 Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia tem como parte de seu processo o envolvimento da degradação e estabilidade da matéria orgânica levando a formação de metano, e criando dois produtos: o biogás e o biofertilizante. Sua fermentação ocorre em um biodigestor, que é composto por uma câmara fechada onde a biomassa realiza a fermentação anaeróbica na ausência biológica é um processo de tratamento o oxigênio. (OLIVEIRA, 2004).

O processo de biodigestão consiste na decomposição da matéria orgânica pela ação de bactérias, seu processo é dividido em quatro etapas: hidrólise, ácido gênese, aceto gênese e metano gênese (processo apresentado na Figura 2 e descrito no quadro 1). (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

Figura 2 - Esquema da digestão anaeróbica de matéria orgânica



Fonte: Adaptado de J. Hulshof e Zeeman (1996)

Quadro 1 - Descrição das etapas da digestão anaeróbica

Etapas	Descrição
Hidrólise	A matéria orgânica se solubiliza e microrganismos hidrolíticos produzem enzimas extracelulares que quebram as ligações químicas dos compostos orgânicos complexos, transformando-os em substâncias menores, ou seja, carboidratos, proteínas e lipídios são convertidos em monossacarídeos, aminoácidos e ácidos graxos, respectivamente

Continuação Quadro 1

Etapas	Descrição
Acitogenese	O meio se torna mais ácido, favorecendo as bactérias ácido gênicas fermentativas, responsáveis pela oxidação dos compostos orgânicos solubilizados anteriormente, convertendo-os em substâncias mais simples, tais como ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), álcoois, ácido lático, gás carbônico, água, hidrogênio, amônia, sulfeto de hidrogênio, dentre outras.
aceto gênese	Os produtos da ácido gênese são metabolizados e convertidos por bactérias aceto gênicas em substâncias que formarão o metano (hidrogênio, gás sulfídrico, dióxido de carbono e ácido acético).
Metano gênese	O grupo de bactérias metano gênicas hidrogeno tróficas vão converter o hidrogênio e o dióxido de carbono em metano, e o grupo de bactérias metano gênicas aceto clásticas produzirá metano pela oxidação do acetato.

Fonte: Adaptado de Chernicharo (1997)

Segundo Nogueira (1992), cerca de 70% do metano formado provêm do acetato e o restante do dióxido de carbono e hidrogênio, para que ocorra o processo de fermentação anaeróbica é necessário que o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, tempo de retenção hidráulica (TRH), acidez volátil estejam em equilíbrio para facilitar o processo de biodigestão (RUIZ, 1992).

A acidez e alcalinidade podem ser fatores limitantes aos micro-organismos e atrair moscas, por isso o ideal é manter o pH entre 6,5 e 8, pois o pH ácido inibe a população microbiana ocasionando a extinção da fermentação (CASSINI, 2003).

A temperatura é uma das reações do processo de digestão, com pequenas variações podem levar a um desequilíbrio. Sendo dividida em três faixas térmicas: psicrófila com temperaturas abaixo de 20°C, mesófilas como temperaturas entre 30-40°C e termófilas com temperaturas mais elevadas entre 50-65°C.

A mesófilas é a ideal faixa de temperatura para se trabalhar, em torno de

37°C, favorecendo assim a atividade anaeróbica, reduzindo custos de aquecimento (LUCAS JUNIOR, 1994; CRAVEIRO et al. 1982).

O tempo de detenção/retenção hidráulica (TDH/TRH) se refere ao tempo que o efluente permanece no biodigestor, submetido à ação de micro-organismos, até que ocorra sua completa degradação, e nos permite controlar a vazão do efluente tratado (NOGUEIRA, 1992).

3.2.1 Biogás

O biogás é um combustível gasoso com conteúdo energético semelhante ao gás natural, ele é a mistura de gases resultantes da fermentação anaeróbica (na ausência de oxigênio) de dejetos animais, resíduos vegetais, lixo industrial ele pode ser utilizado para funcionamento de motores, geradores, refrigeradores de leite, dentre outros. O principal componente do biogás é o metano composto por cerca de 65% do seu volume total, o seu restante consiste na maior parte por dióxido de carbono e quantidade menores alguns outros gases. (BARREIRA, 2011).

Segundo Barreira (2011), os dejetos animais são os melhores alimentos para o biodigestor, pelo fato de já saírem dos seus intestinos carregados de bactérias anaeróbias.

Na Tabela 1, observa-se a quantidade de produção de biogás, por espécie animal.

Tabela 1 - Tabela comparativa da produção diária de biogás e energia por espécie animal

Animais	Quant. de dejeito (kg/dia)	Biogás (m³/kg)	Energia (kWh/dia)
Bovino de corte	10 kg/animal	0,049	0,572
Suíno	2,5 kg/ animal	0,075	0,268
Equino	10 kg/ animal	0,048	0,686
Ovino	0,5 kg/ animal	0,061	0,044
Aves	0,18 kg/ animal	0,090	0,023

Fonte: Barreira, 2011

Os primeiros estudos sobre o biogás foram realizados em meados de 1600, quando descobriu que o biogás é uma mistura gasosa combustível, produzida através da digestão anaeróbia da matéria orgânica. Após dois anos de pesquisa, em 1776 o físico italiano Alessandro Volta conseguiu identificar a composição química do gás inflamável então denominado de metano (CH₄) (BLOG BGS, 2013).

No início de 1800, Luís Pasteur percebeu a possibilidade de utilizar este gás como combustível para sistemas de aquecimento e iluminação urbana, anos após, na cidade de Exter na Inglaterra, o biogás finalmente foi utilizado para iluminação pública (BLOG BGS, 2013).

3.2.1.1 *Componente do biogás*

3.2.1.1.1 Metano – CH₄

Gás metano é o segundo maior contribuinte de CO₂ representando 14,3% das emissões totais na atmosfera. No setor de agricultura e no setor de resíduos é onde estão mais concentradas essas emissões. O arroteio dos animais (ex. vacas, porcos) e o cultivo de arroz são as principais fontes emissoras no setor agrícola, e o cultivo de arroz, já no setor de resíduos, os grandes lançadores são os lixões das grandes cidades (VIDAL, 2012).

Uma tonelada de metano emitida equivale a 21 toneladas de dióxido de carbono, quanto ao nível de aquecimento da atmosfera. Muitos projetos de MDL (Mecanismo de Desenvolvimento Limpo) de redução de emissões do gás metano, utilizam a queima do gás metano para geração de energia elétrica através do calor obtido da reação (VIDAL, 2012).

3.2.1.1.2 Dióxido de Carbono - CO₂

O dióxido de carbono é um gás ligeiramente tóxico, inodoro, incolor e de sabor ácido, não é combustível nem alimenta a combustão, ele é 1,4 vezes mais pesado que o ar, e pode interagir de forma violenta com bases fortes, especialmente em altas temperaturas. O dióxido de carbono é obtido como subproduto de algumas combustões (ECO, 2014).

Segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças do Clima, o CO₂ é o principal culpado pelo aquecimento global, sendo o gás de maior emissão, 78% dos gases são emitidos pelos humanos (IPCC,2014).

3.3 Biodigestor

Hoje em dia cerca de 8 milhões de biodigestores estão em operação na China e aproximadamente 300 mil unidades na Índia, sendo que suas principais funções são para iluminação, cozimento e aquecimento domiciliares (BLOG BGS, 2013).

Antigamente o biodigestor era utilizado pelos indianos e chineses para tratamento dos esterco produzidos pelos animais, além de utiliza-lo como geração para biofertilizante. Anos após, passou a ser utilizado como uma forma de combustível (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

Em 1979 foi construído um dos primeiros biodigestores no Brasil na Granja do Torto na Cidade de Brasília (Figura 3). O projeto instalado na sede do governo na década de 80 foi tão importante, que incentivou o Programa de Mobilização Energética a estimular sua instalação em propriedades rurais. Nesta mesma época foram instalados, cerca de sete mil biodigestores nas regiões sul, sudeste e centro oeste, porém problemas operacionais como falta de informações e treinamento fez com que os produtores rurais abandonassem a tecnologia pois era considerada um sistema de baixa eficiência (BARREIRA, 2011).

Em meados dos anos de 2000 o biodigestor teve seu segundo ciclo no Brasil, com a vinda do mercado de crédito do carbono. Nos anos de 2005 e 2013 foram construídos cerca 1000 biodigestores, beneficiando principalmente proprietários rurais com criação de suíno de meio e grande porte (BLOG BGS, 2013).

Figura 3 - Primeiros biodigestores construídos no Sertão do Araripe



Fonte: Caatinga Semeando no Semiárido

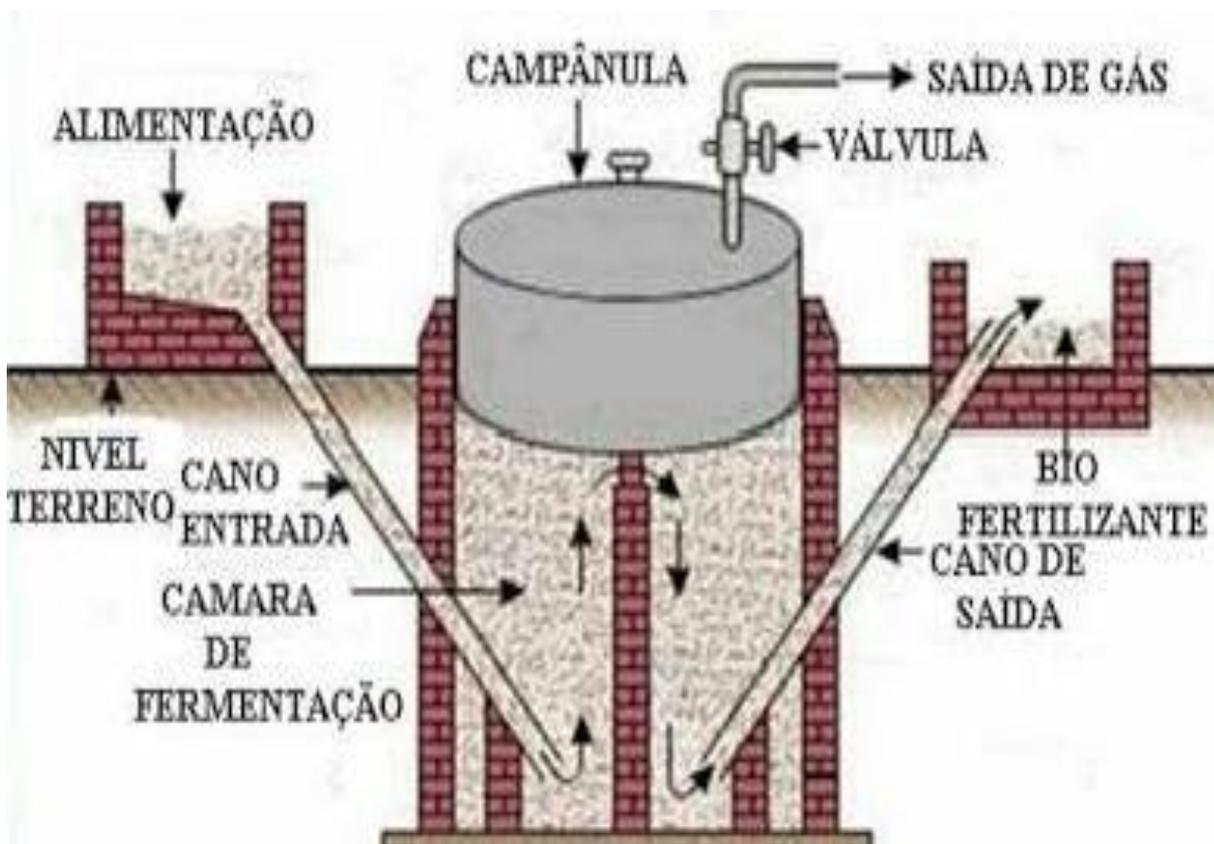
Existem diversos tipos de biodigestores em pleno funcionamento no mundo, como o Biodigestor de modelo Chinês, Indiano, Marinha e o Batelada (BARREIRA, 2011)

3.3.1 Modelos de biodigestores

3.3.1.1 Biodigestor Indiano

O biodigestor indiano (Figura 4 e 5), tem como característica principal, uma campânula flutuante que funciona como um verdadeiro gasômetro, que pode estar mergulhado ou inserido sobre a biomassa em fermentação. Este modelo de biodigestor, consiste em uma parede central que divide o tanque de fermentação em duas câmaras, direcionando os materiais para interior da câmara de fermentação de forma homogênea, ele possui pressão de operação constante fazendo com que o volume de biogás aumente de acordo a sua produção (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

Figura 4 - Biodigestor Indiano detalhado



Fonte: Barreira,2011.

Figura 5 - Biodigestor indiano

Fonte: Revista expressiva, 2012.

O biodigestor indiano pode ser construído em clima frio/temperado ou mesmo tropical, bastando alterar a relação de diâmetro-profundidade do mesmo. A variação da capacidade de produção do biodigestor em função da relação de profundidade X diâmetro do mesmo pode ser verificada nas tabelas a seguir:

Tabela 2 - Biodigestores com pouca profundidade

Capacidade do Tanque Digestor (em m ³)	Dimensões do Tanque Digestor (diâmetro X m)	Dimensões da Campânula	
		Clima Frio/Temperado (diâmetro X m)	Clima Tropical (diâmetro X m)
8m ³	2,00 x 2,60	1,80 x 1,10	1,80 x 2,30
10m ³	2,20 x 2,70	2,00 x 1,10	2,00 x 2,50
12m ³	2,35 x 2,80	2,15 x 1,10	2,15 x 2,50
15m ³	2,53 x 3,00	2,33 x 1,20	2,33 x 2,50
18m ³	2,70 x 3,15	2,50 x 1,20	2,50 x 2,60

Fonte: SGANZERLA, 1983

Tabela 3 - Biodigestores com maior profundidade

Capacidade do Tanque Digestor (em m ³)	Dimensões do Tanque Digestor (diâmetro X m)	Dimensões da Campânula	
		Clima Frio/Temperado (diâmetro X m)	Clima Tropical (diâmetro X m)
8m ³	1,70 x 3,60	1,50 x 1,50	1,50 x 3,30
10m ³	1,85 x 3,80	1,65 x 1,50	1,65 x 3,40
12m ³	1,97 x 4,00	1,77 x 1,55	1,77 x 3,55
15m ³	2,10 x 4,40	1,90 x 1,60	1,90 x 3,80
18m ³	2,20 x 4,80	2,00 x 1,75	2,00 x 4,10

Fonte: SGANZERLA, 1983

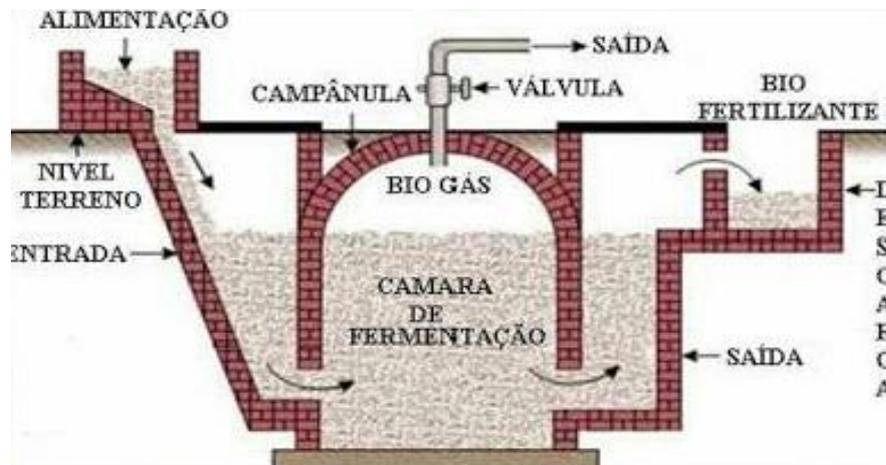
3.3.1.2 Biodigestor Chinês

Construído para armazenamento do biogás, o biodigestor Chinês (Figura 6 e 7) possui uma câmara de fermentação cilíndrica em alvenaria. Ele funciona com pressão hidráulica aumentando a pressão seu interior resultando no acúmulo do biogás na câmara de fermentação, induzindo o substrato sólido (biomassa) para sua a caixa de saída (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

O biodigestor é constituído quase que totalmente em alvenaria, dispensando o uso de gasômetro com chapa de aço, obtendo uma redução de custos, porém podem ocorrer problemas com vazamento do biogás caso a estrutura não seja bem vedada e impermeabilizada. (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979, p. 98)

O modelo chinês não é indicado para grandes instalações devido a liberação de gás produzindo na sua caixa de saída na atmosfera (PEREIRA, 1999 apud CASSINI; COELHO; PECORA, 1979, p. 98).

Figura 6 - Biodigestor Chinês detalhado



Fonte: Barreira, 2011.

Figura 7 - Biodigestor Chinês

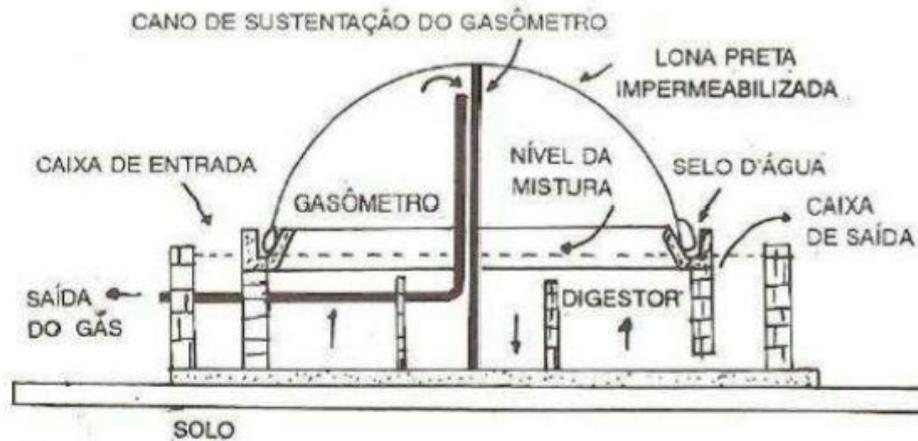


Fonte: Jornal na net, 2016.

3.3.1.3 Biodigestor Da Marinha Brasileira

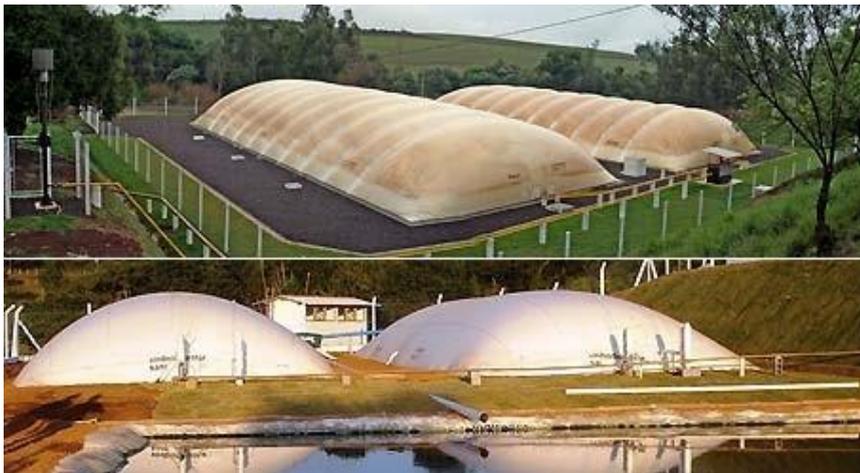
O biodigestor desenvolvido pela Marinha do Brasil (Figura 8 e 9), apresenta uma base quadrangular, com paredes revestidas por lona impermeável e uma cúpula de lona preta também impermeável. É um modelo mais raso e longo, que lhe garante maior produtividade de gás por massa fermentada. Sua utilização necessita de uma grande área para que consiga armazenar uma grande quantidade de resíduos, pois contém profundidade pequena (BARREIRA, 2011).

Figura 8 - Biodigestor Da Marinha Brasileira detalhado



Fonte: Barreira, 2011.

Figura 9 - Biodigestor Marinha



Fonte: Revista fator Brasil, 2013

3.3.1.4 Biodigestor De Batelada

O biodigestor de batelada (Figura 10), é um modelo simples, próprio para pequenas produções de biogás, sua alimentação ocorre após todo o material ser digerido, é esvaziado e realimentado. Esse tipo de biodigestor pode ser construído de alvenaria, metal ou fibra de vidro, é abastecida uma única vez, portanto não é um biodigestor contínuo. Sua utilização pode ser feita somente com um tanque ou vários tanques em series (BARREIRA, 2011)

Figura 10 - Biodigestor de Batelada

Fonte: Rastro biodigestores, 2016.

Segundo Barreira (2011), a comparação de desempenho entre três modelos de biodigestores encontra-se no quadro a seguir:

Quadro 2 - Comparação de desempenho de 3 modelos de biodigestores

	Chinês	Indiano	Nacional (Marinha)
Materiais	Tijolo, cimento, Pedra e areia.	Tijolo, cimento, pedra, areia, ferro ou alumínio.	Tijolo, cimento, pedra, areia e plástico.
Sistema	Abastecimento e esvaziamento periódicos		
Possibilidade de instalação	Pode ser montado inteiramente pelo usuário, desde que tenha bastante habilidade como pedreiro.	Pode ser montado pelo usuário, mas a câmara de gás deve ser feita em oficina metalúrgica (funilaria).	Pode ser montado pelo usuário, mas a câmara de gás deve ser adquirida em firma credenciada pela Marinha.
Isolamento térmico	Feito dentro da terra: bom isolamento natural, a temperatura constante. Para melhorar, instalar o digestor sob estábulos.	Tem perdas de calor pela câmara de gás metálica, difícil de isolar. Menos indicado para climas frios.	Não tem problemas de perdas de calor.

Continuação Quadro 2

	Chinês	Indiano	Nacional (Marinha)
Perdas de gás	A parte superior deve ser protegida com matérias impermeáveis e não porosos; difícil obter construção estanque.	Sem problemas.	
Matéria prima usada	Esterco, excrementos e restos de vegetais muito bem triturados e submetidos a pré-fermentação.	Esterco, excrementos e restos de vegetais muito bem triturados e submetidos a pré-fermentação.	Esterco, excrementos e maior quantidade de restos vegetais.
Profundidade	Tempo de digestão, 30-60 dias; produção de 150 a 350l/m ³ do volume do digestor/dia. Se for perfeitamente estanque, pode produzir até 600l/m ³ .	Tempo de digestão 30-60 dias; produção de 400 a 600 l/m ³ do volume do digestor/dia.	Tempo de digestão, 30-60 dias; maior produção de gás em relação ao volume de biomassa devido à sua forma.
Manutenção	Deve ser limpadado uma ou duas vezes no ano	A câmara de gás deve ser pintada uma vez no ano	Limpar uma vez no ano.
Custo	1m ³ = 35 a 40 mil cruzeiros.	1m ³ = 60 a 70 mil cruzeiros.	1m ³ = 40 a 45 mil cruzeiros.
Melhorias possíveis	Abóbada impermeável, adoção de agitadores, construção de parede divisória no digestor.	Campânula inoxidável e melhoria no isolamento térmico da mesma.	Campânula com maior espessura e segurança contra danos; sistema que permita pressão constante.

Fonte: Barreira, 2011.

3.4 Geração de Energia Elétrica através do Biogás

A geração de energia elétrica através do biogás é feita pela da sua queima, sendo necessária para esta geração uma máquina de combustão interna, como por exemplo, motor de ciclo Otto e turbina a gás que aproveita do seu calor residual para aproveitamento de energia térmica (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

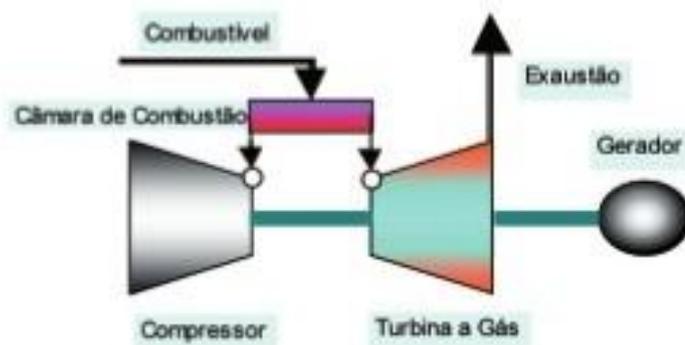
3.4.1 Máquinas de combustão interna

3.4.1.1 Turbina a Gás

De acordo com Costa (2006),

As turbinas a gás (Figura 11), são equipamentos constituídos por compressor, câmara de combustão e a turbina de expansão (ciclo Brayton). O ar comprimido é injetado na câmara de combustão fornecendo o oxigênio para a queima do combustível. Esta reação exotérmica a alta pressão, transfere a energia química do combustível para os gases, elevando sua temperatura. O gás resultante é expandido na turbina, de onde se extrai a energia mecânica para acionamento do compressor e da carga acoplada ao eixo.

Figura 11 - Turbina a gás e gerador de energia elétrica



Fonte: São Paulo (2001)

As turbinas de pequena e média potência giram em alta velocidade sendo necessário o uso de redutores de velocidade entre a turbina e a carga pois caso de emergência deverá reduzir a velocidade das turbinas (SANTOS, 2006).

O compressor de ar consome uma parcela significativa da energia mecânica resultante da conversão da energia térmica dos combustíveis. As turbinas a gás

estão disponíveis desde a potência de poucas centenas de KW até quase 300 MW (COSTA, 2006).

3.4.1.2 Motores De Combustão Interna

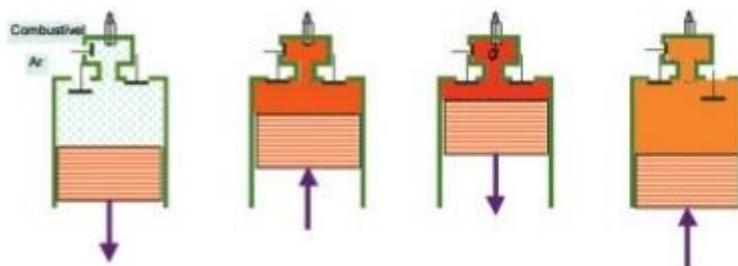
Em 1867, Nikolauss August Otto, engenheiro Alemão desenvolveu o ciclo "Otto" de quatro tempos, que é largamente utilizado em transportes até nos dias de hoje. O motor a diesel surgiu em 1892 com outro engenheiro alemão, Rudolph Diesel. O motor a diesel (Figura 12), foi projetado para mais pesado e mais potente do que os motores a gasolina. Eles são usados em maquinas pesadas, locomotivas, navios e em alguns automóveis (COSTA, 2006).

Os motores de combustão interna aplicam-se tanto para geração de energia elétrica, pelo acoplamento de um gerador ao motor, quanto á geração de energia mecânica, que pode ser empregada no acionamento de bomba hidráulica, compressor ou veículo (COSTA, 2006).

A válvula de entrada de ar abre no tempo preciso para permitir a entrada de ar (misturada ao combustível) no cilindro. A vela da ignição da mistura no cilindro, o que cria explosão. A força da explosão é transferida ao pistão. O pistão desce e sobe em um movimento periódico. A força do pistão é transferida através da manivela para o eixo de transmissão (COSTA, 2006).

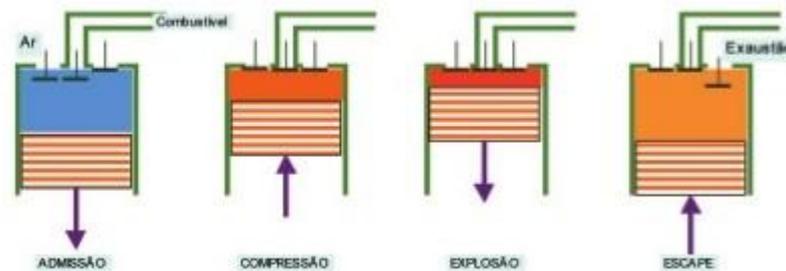
A diferença básica entre os motores ciclo Otto (Figura 13) e Diesel está na forma em que ocorre a combustão. No ciclo Diesel, a combustão ocorre pela compressão do combustível na câmara de combustão, enquanto no ciclo Otto, a combustão ocorre pela explosão do combustível por meio de uma fagulha na câmara de combustão. O ciclo de Otto consiste em expansão resfriamento adiabático, seguida de resfriamento a volume constante, aquecimento compressão adiabático, e aquecimento a volume constante (COSTA, 2006).

Figura 12 - Motores Alternativos Ciclo Diesel



Fonte: "Manual de Administração de Energia ", Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo, 2001

Figura 13 - Motores Alternativos Ciclo Otto



Fonte: “Manual de Administração de Energia “, Secretaria de Energia do Governo do Estado de São Paulo, 2001

3.4.1.3 Grupos Geradores a Biogás

Os motores a combustão revolucionaram a humanidade desde sua invenção, porém há uma pressão por mudanças na eficiência e na emissão de gases. Neste contexto a utilização de bicomcombustíveis é uma das soluções viáveis para este fato (ALAGUMALAI, 2014).

Segundo Çengel e. Boles (2013), as eficiências térmicas para motores de ignição por centelha variam de cerca de 25% até 30%, enquanto nos motores ciclo Diesel, as eficiências variam entre 35 e 40%.

Os geradores elétricos acoplados no motor, no entanto, possuem eficiências maiores na conversão da energia mecânica para energia elétrica, variando entre 82 e 92%, que são apresentadas no manual do fabricante (MITZLAFF, 1988). Para utilização com biogás, tradicionalmente vem sendo utilizados motores a diesel convertidos para biogás (LEÃO ENERGIA, 2015).

Segundo Pereira et al. (2005), na conversão do ciclo Diesel para o sistema Otto, o sistema de injeção de Diesel é retirado e, em seu lugar, instala-se um sistema de carburação do gás ao ar de admissão e o sistema elétrico com velas para a ignição, feita com centelha. A taxa de compressão também é alterada para se adequar às taxas dos motores ciclo Otto.

A qualidade do biogás pode interferir no funcionamento dos motores, podendo ocorrer detonação com diferentes composições de gás, devendo ser assegurado uma concentração de metano de pelo menos 45% (DEUBLEIN; STEINHAUSER, 2011).

Utilizando um micro gerador para geração de eletricidade a partir de biogás

de dejetos suíno, Pipatmanomai et al. (2009) obtiveram uma eficiência global na conversão em eletricidade de 20,8%. 7 Em uma adaptação para biogás, utilizando um motor a gasolina, Souza et al. (2010) obtiveram com uma potência de aproximadamente 1 kW uma eficiência média do conjunto de 8,22%.

Em um experimento testando a eficiência de grupos geradores de energia elétrica a biogás, Souza et al. (2013) encontraram uma eficiência de 17,29% com 50% de carga, enquanto em carga total a eficiência subiu para 22,21%.

Segundo Pecora (2006), na conversão para energia elétrica os motores possuem maior eficiência, já as turbinas possuem maior eficiência global de conversão quando operadas em cogeração (energia térmica e elétrica).

Martins e Oliveira (2011) afirmaram que na geração de energia elétrica a partir de biogás da digestão de dejetos suínos, embora seja possível sua comercialização, os seus resultados demonstraram que é mais vantajoso economicamente o uso da energia na propriedade rural, reduzindo o uso da energia elétrica da concessionária

3.4.2 Micro geração de Energia Elétrica através do Biogás

Segundo a Resolução Normativa Nº 482 de 2012 da ANEEL, a definição de micro e mini geração distribuída é dada como uma central geradora que utilize energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conectada à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Podem ser classificadas em (ANEEL, 2012):

- Micro geração distribuída – Potência instalada ≤ 100 KW;
- Mini geração distribuída – 100 KW < Potência instalada ≤ 1 MW

Esta resolução da ANEEL também define o sistema de compensação de energia elétrica que hoje é o principal utilizado na micro e mini geração. Este sistema é definido como:

“ [...] sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro geração distribuída ou mini geração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, a distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade

consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda (ANEEL, 2012). “

Para obter este acesso, o Prodist (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica) elaborado pela ANEEL estabelece critérios para os procedimentos operativos, obrigações e outras informações pertinentes para liberar o acesso de conexão em geração distribuída (ANNEEL, 2012)

De acordo com a N.D 5.30 da Concessionária CEMIG (2016).

Geração distribuída (GD) Centrais geradoras de energia elétrica, de qualquer potência, com instalações conectadas diretamente no sistema elétrico de distribuição ou através de instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada e despachadas – ou não – pelo NOS.

3.4.2.1 Normatização para Mini e Micro geração

Após a edição da Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, todo consumidor brasileiro que tiver interesse, está apto a gerar sua energia de forma renovável, e 5 conectá-la a rede de distribuição da concessionária. Este fato se traduz em micro e mini geração distribuída, onde além de utilizar a energia de sua própria geração o consumidor pode injetar o excedente ou utilizar a energia fornecida pela concessionária, trazendo benefícios financeiros e socioambientais (ANEEL, 2016).

Para a ANEEL (2016) o estímulo à geração distribuída gera benefícios para o sistema elétrico, como minimização de perdas, diversificação da matriz energética e diminuição de investimentos em expansão dos sistemas de distribuição e transmissão.

A ANEEL publicou as Resoluções Normativas 414/2010 e 687/2015 de forma a reduzir o tempo e os custos para a conexão da micro geração e mini geração, além de aumentar o público alvo e trazer mais transparência as informações constantes na fatura. Há a possibilidade da geração compartilhada e criação de consorcio ou cooperativa para que seja instalada uma usina e que mais de um cliente obtenha os benefícios desta.

3.4.2.1.1 Resolução 482 ANEEL

A fim de estabelecer as condições para o acesso de micro geração e mini geração distribuída a rede da concessionária, bem como os critérios para o sistema de compensação de energia elétrica, foi publicada a Resolução Normativa 482/2012 pela ANEEL.

Conforme disposto no Capítulo VI – Das Disposições Gerais Art.13: Compete a distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica e envio dos dados para registro junto à ANEEL, conforme modelo disponível no site da Agência. É de suma importância o envio dos dados para o sistema, a saber, que a partir do registro contendo os dados das unidades consumidoras com micro geração ou mini geração, ficam constando estas informações da operação no mês anterior.

3.4.2.1.2 Resolução 687 ANEEL

A diretoria da ANEEL aprovou a Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015 que “Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST.”. Segundo publicação, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além do micro geração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e de mini geração com potência acima de 75 kW conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.

3.5 Barreiras e políticas de incentivo à utilização do biogás como fonte de energia

3.5.1 Incentivos

Além dos incentivos do mercado de crédito de carbono, existe incentivos para construção e aquisição de biodigestores. Os programas federais como Programa Agricultura de Baixo Carbono, ou Programa ABC, e o Pronaf ECO, para agricultura familiar, mostrando o grande potencial de utilização de biogás no Brasil. Pode-se concluir que uso do biogás é uma tecnologia bastante avançada e com grande

potencial de aplicação no mundo e países como na china e Índia, no Brasil tem pequeno número de biodigestores instalados (BLOG BGS, 2013).

O biogás pode ser obtido e utilizado para fins energéticos, contribuindo para redução do consumo de energia elétrica onde este gás, por meio de digestão anaeróbica entrará em geradores elétricos e gerará energia. (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

3.5.2 Barreiras

Quanto as barreiras tecnológicas para a implementação de um sistema de aproveitamento energético do biogás, estão associadas a falta de equipamentos nacionais, mão de obra qualificada para operação e manutenção destes sistema.

Para a inserção das energias renováveis na matriz energética brasileira, é necessário que barreiras econômicas, tecnológicas e políticas, sejam enfrentadas, a principal barreira para a implantação de um sistema de geração de energia através do biogás e o alto custo, visto que, o preço da energia gerada através do biogás é mais elevado do que as outras energias renováveis, tornando-o menos competitivo. (CASSINI; COELHO; PECORA, 1979).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E TÉCNICOS DA PESQUISA

4.1 Classificação da pesquisa quanto ao fins

A proposta do projeto foi caracterizada como uma pesquisa quantitativa descritiva onde optou-se em realizar um estudo voltado para pesquisas bibliográficas juntamente com um estudo de caso que visa descrever e compreender quais as vantagens técnicas relacionadas com a geração de energia elétrica utilizando o biogás gerado por biodigestores no Frigorífico Boi da Terra localizado em Teófilo Otoni - MG.

4.2 Classificação da pesquisa quanto aos meios

Para esta pesquisa foram utilizados literaturas físicas referentes ao tema proposto, como Biodigestores – Energia, Fertilidade e Saneamento para Zona Rural de Paulo Barreira, Termodinâmica aplicada às Termelétricas – Teoria e Prática de Nelson Oliveira dos Santos, Bicombustíveis no Brasil – fundamentos, aplicações e perspectivas e Manual Básico do Biogás de biogás, bem como dados virtuais do Site da Aneel onde contem suas Normas (Ren 482 - Resolução Normativa Nº 482, de 17 de Abril de 2012 e a Ren. 687 – Resolução Normativa Nº687 de 24 de Novembro de 2015), Normas técnica da concessionária CEMIG (ND. 5.30 - Requisitos para a conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição da CEMIG), Site do Ministério de Minas e Energia.

Essas bibliografias foram utilizadas para conceituar a geração de energia elétrica por meio do biogás, onde demonstram de forma clara como se deve proceder na instalação e dimensionamento correto dos equipamentos necessários para esta geração. Estas bibliografias foram utilizadas de acordo o desenvolvimento do projeto tendo como foco as normas Técnica de utilização do Biogás e da Aneel por normatizar toda rede elétrica, e Cemig por ser a concessionária que distribui energia elétrica em Minas Gerais.

Partes das bibliografias utilizadas são de uso próprio e da Biblioteca do Instituto Ensinar Brasil – Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni e bibliografias de uso próprio. Todas as referências foram anotadas e arquivadas em pastas separadas no computador das relatoras do trabalho para melhor organização.

4.3 Procedimento de coleta de dados

O levantamento de dados ocorreu nos meses de Fevereiro e Outubro no Frigorífico Boi da Terra (Figura 14), localizado na Rodovia BR 418 Km 164, no Município de Teófilo Otoni, Estado de Minas Gerais.

Figura 14 - Frigorífico Boi da Terra



Fonte: Acervo da própria pesquisa

Neste levantamento foi verificado o quantitativo de abates (Figura 15), realizados semanalmente e o quantitativo de dejetos produzidos (Figura 16). Estes dados foram coletados através acervos documentais e fotográficos.

Figura 15 - Curral de descanso



Fonte: Acervo da própria pesquisa

Figura 16. Escoamento dos dejetos



Fonte: Acervo da própria pesquisa

Através destes dados foram realizados cálculos para verificação da viabilidade da instalação de um biodigestor e um gerador necessário para geração de energia elétrica.

4.4 Tratamento dos dados

Após realizar leituras criteriosas de normas técnica, livros referentes ao tema de Energia Renováveis, Biogás, Biodigestores e os demais temas citados nessa pesquisa, foi realizada uma discussão referente a este assunto para melhor entendimento, onde comparou-se dados colhidos em pesquisas bibliográficas com os dados levantados no Frigorífico Boi da Terra.

Para tratamento dos dados foram realizados cálculos de demonstração do quantitativo de gases gerados, onde verificou-se a viabilidade de instalação de um biodigestor e um gerador de energia elétrica para o Frigorífico Boi da Terra

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações obtidas no abatedouro Frigorífico Boi da Terra de médio porte, situado na cidade de Teófilo Otoni, na Rodovia. BR 418 KM 164, foram obtidos dados da quantidade de animais abatidos no estabelecimento. De acordo com esses dados, o número de animais abatidos mensalmente é apresentado na tabela 4.

Tabela 4 - Quantidade de animais abatidos mensalmente

Mês	Quantidade (bovinos)
Setembro, 2016	1473
Outubro, 2016	1344
Novembro, 2016	1315
Dezembro, 2016	1385
Janeiro, 2017	1369
Fevereiro, 2017	1128
Março, 2017	1468
Abril, 2017	1240
Maio, 2017	1533
Junho, 2017	1250
Julho, 2017	1415
Agosto, 2017	1320
Setembro, 2017	1396

Fonte: Frigorífico Boi da Terra

Levando em conta que o abate é efetuado três vezes durante a semana (segunda- feira, quarta-feira, sexta- feira) e considerando que o número de abates diários seja constante em cada mês, pode-se estimar a quantidade animais abatidos mostrada na tabela 5.

Tabela 5 - Animais abatidos diariamente a cada mês

Mês	Animais abatidos
Setembro	122,75
Outubro	112
Novembro	109,58
Dezembro	154,41
Janeiro	114,08
Fevereiro	94
Março	122,33
Abril	103,33
Mai	127,75
Junho	104,16
Julho	117,91
Agosto	110
Setembro	116,33

Fonte: Dados da própria pesquisa

5.1 Quantitativo da produção do Biogás

Para descobrir o quantitativo de biogás produzido através dos dejetos bovinos, foram realizados cálculos baseados nas informações descritas na tabela 1 onde se obteve a produção de biogás do mês setembro 2016 ao mês de setembro 2017.

Para a realização desse cálculo, foi utilizado a seguinte equação:

$$V \text{ BTP} = N \times QD \times VB \text{ [m}^3 \cdot \text{dia}^{-1}\text{]} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

N = Quantidade de animais na propriedade

QD = Quantidade de dejetos produzido por animal durante um dia [kg .dia⁻¹]

VBD = Volume de biogás produzido por kg de dejetos [m³ .kg⁻¹]

VBTP = Volume de biogás total produzido [m³.dia⁻¹]

Com isso foram realizados cálculos referentes ao mês de setembro do ano de 2016 ao mês de setembro do ano de 2017, onde calculamos a quantidade de biogás produzido.

- **Setembro/ 2016**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1473 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 721,77$$

- **Outubro**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1473 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 721,77$$

- **Novembro**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1315 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 644,35$$

- **Dezembro**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1385 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 678,65$$

- **Janeiro**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1369 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 670,81$$

- **Fevereiro**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1129 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 553,21$$

- **Março**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1240 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 607,06$$

- **Abril**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1473 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 721,77$$

- **Mai**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1533 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 751,17$$

- **Junho**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1250 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 612,50$$

- **Julho**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1415 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 693,35$$

- **Agosto**

$$VBTP = N \times QD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1320 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 646,80$$

- **Setembro**

$$VBTP = N \times Q6yD \times VB [m^3 \cdot dia^{-1}]$$

$$VBTP = 1396 \times 10 \times 0,049$$

$$VBTP = 684,04$$

Com esses quantitativos foi montada a tabela 6 com a quantidade de biogás gerado mensalmente.

Tabela 6 - Produção mensal do biogás gerado

Mês	Biogás produzido (m³)
Setembro, 2016	721,77
Outubro, 2016	658,56
Novembro, 2016	644,35
Dezembro, 2016	678,65
Janeiro, 2017	670,81
Fevereiro, 2017	553,21
Março, 2017	719,32
Abril, 2017	607,6
Maio, 2017	751,17
Junho, 2017	612,50
Julho, 2017	693,35
Agosto, 2017	646,80
Setembro, 2017	684,04

Fonte: Acervo de própria pesquisa

Gráfico 1: Produção mensal do biogás gerado



Fonte: Autoria Própria

5.2 Dimensionamento do biodigestor

Como a produção de resíduos no Frigorífico Boi da Terra ocorre três vezes na semana, a possibilidade de alimentação semanal do biodigestor, deve-se optar pela utilização dos modelos do tipo Indiano, Chinês, Batelada ou da Marinha. O fator que define a escolha do biodigestor é a necessidade que a produção do biogás seja contínua, característica esta não presente no modelo Batelada.

Deve-se dimensionar o sistema para comportar a máxima carga de resíduos, e assim, assegurar que o tempo de fermentação mínima, será respeitado, garantindo desse modo um bom funcionamento.

O modelo de biodigestor dimensionado para o Frigorífico foi o indiano, pois, possui pressão de operação constante, apresenta maiores níveis de produção de gás, devido ao seu processo de fermentação ocorrer mais rápido, não apresenta perdas de gás como o do modelo Chinês, e assim o torna mais seguro.

Este modelo apresenta a necessidade da instalação de uma câmara de gás metálica, que pode ser fabricada em oficinas metalúrgicas (funilarias) , ao contrário do modelo da Marinha onde esta câmara tende a ser adquirida somente em firmas credenciadas pela Marinha.

Utilizamos a equações 2 e 3, para dimensionamento do volume bruto do biodigestor indiano e o volume do seu gasômetro.

O cálculo do volume bruto do biodigestor é dado pela seguinte equação:

$$Vb = \frac{\pi \times Di^2 \times Hi}{4} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

Vb = Volume bruto do biodigestor;

Di = Diâmetro interno do biodigestor;

H = Altura do nível do substrato.

Os valores de Di, H , Dg e Hg são pré-definidos e encontram-se na tabela 3
Volume bruto do biodigestor indiano indicado para o Frigorífico:

$$Vb = \frac{3,14 \times (1,97)^2 \times 4,00}{4} = 12,37 \text{ [m}^3\text{]} \quad (\text{Equação 3})$$

O cálculo do volume do gasômetro do biodigestor dimensionado é dado pela

seguinte equação:

$$Vg = \frac{\pi x Dg^2 x Hg}{4}$$

Onde:

Vg = Volume do gasômetro;

Dg = Diâmetro do gasômetro

Hg = Altura do gasômetro

O Volume do gasômetro indicado para o biodigestor modelo indiano é indicado abaixo:

$$Vg = \frac{3,14x(1,77)^2 x 3,55}{4} = 8,72 \text{ m}^3$$

5.3 Dimensionamento do gerador

O biogás produzido semanalmente a partir da digestão anaeróbica poderá ser utilizado na geração de energia elétrica. Com isso esta geração poderá ser utilizada total ou parcial no consumo de energia elétrica da concessionária local, denominado como um sistema On grid (conectado à rede).

Considerando o período de trabalho do frigorífico de oito horas diárias e a máxima (751,17 m³/ mês) e a mínima (553,21 m³/mês) produção de biogás para o período estudado, observou-se uma média de produção de biogás de 0,90 m³/h.

De acordo com a média de biogás produzido no Frigorífico Boi da Terra, o gerador que melhor atende à demanda produzida, é o modelo B4T 5000 da marca Branco, que possui uma capacidade de consumo de 2,0 m³/h de biogás.

- Gerador modelo B4T 5.000, linha biogás.

Especificações:

- Motor Branco, monocilíndrico, 4 tempo, 389 cm³, resfriado a ar e OHC;
- Dimensões (mm): 695 x 555 x 580;

- Ignição: CDI;
- Consumo: 2,0 m³/h
- Potência máxima: 4 kW (para uso em biogás)
- Potência nominal: 3,6 kW (para o uso em biogás)
- Voltagem: 110/220 (bi-volt);
- Corrente de carga (A): 8,3;
- Sistema de partida: manual e elétrica;
- Transporte: compacto e portátil;
- Sistema de filtro integrado que permite a conexão do motor direto ao biodigestor;
- Recomendado para trabalhar de 16 a 18 horas por dia;
- Manutenção preventiva: troca do óleo do motor a cada seis meses ou 1.000 h; verificação do filtro de ar a cada uso de troca do mesmo a cada três meses ou 500 h.; verificação e troca de vela de ignição a cada 12 meses ou 5.000 h; troca do filtro de biogás a cada seis meses ou 1.000 h.; verificação da folga de válvulas e troca das mesmas a cada 12 meses ou 5.000 h.; limpeza do cabeçote a cada 1.000 h.

5.4 Energia consumida x Energia a ser gerada

Segundo a conta de energia elétrica do Frigorífico, que se encontra no Anexo 1, de outubro de 2017, nota-se a existência de duas tarifas sobre a energia consumida. Uma tarifa é cobrada sobre a energia consumida no horário fora de ponta, sendo o valor de R\$ 14,66 por kWh e a outra tarifa é cobrada sobre a energia consumida no horário de ponta, sendo esta tarifa de R\$ 1,65 kWh.

Fica claro que é mais interessante priorizar o suprimento da carga no horário fora de ponta, já que o valor da tarifa por kWh é 8,8 vezes maior que a tarifa cobrada no horário de ponta.

Ainda analisando a conta de energia elétrica, verifica-se que a energia elétrica consumida durante o período fora de ponta de carga não se mantém constante e não ultrapassa o valor de 77.000 kWh ao mês.

Tabela 7 - Histórico de consumo do Frigorífico Boi da Terra

Mês	Energia Fora de Ponta (kWh)
set/16	69.208
out/16	67.896
nov/16	68.552
dez/16	67.322
jan/17	76.998
fev/17	68.962
mar/17	65.764
abr/17	72.406
mai/17	61.910
jun/17	69.126
jul/17	70.766
ago/17	52.316
set/17	55.596
Total	866.822

Fonte: Concessionária Cemig

Para a geração de energia elétrica através da queima do biogás utilizamos a equação 4 para calcular o quantitativo de energia gerada a partir do biogás.

$$Eg = \frac{Na \times 0,572}{4} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

E = Energia gerada

Na = Número de animais abatidos mensalmente

0,572 = índice de produção diária de biogás para bovinos de corte.

Com isso foram realizados cálculos referentes ao mês de setembro do ano de 2016 a setembro do ano de 2017, onde calculamos a quantidade de energia gerada através da queima do biogás.

- **Setembro/2016**

$$\frac{1473 \times 0,572}{4} = 210,63 \text{ kWh/mês}$$

- **Outubro/2016**

$$\frac{1344 \times 0,572}{4} = 192,16 \text{ kWh/mês}$$

- **Novembro/2016**

$$\frac{1315 \times 0,572}{4} = 188,04 \text{ kWh/mês}$$

- **Dezembro/2016**

$$\frac{1385 \times 0,572}{4} = 198,05 \text{ kWh/mês}$$

- **Janeiro/2017**

$$\frac{1369 \times 0,572}{4} = 195,75 \text{ kWh/mês}$$

- **Fevereiro/2017 kWh/mês**

$$\frac{1128 \times 0,572}{4} = 161,30$$

- **Março/2017**

$$\frac{1468 \times 0,572}{4} = 219,21 \text{ kWh/mês}$$

- **Abril/2017**

$$\frac{1240 \times 0,572}{4} = 177,32 \text{ kWh/mês}$$

- **Mai/2017**

$$\frac{1533 \times 0,572}{4} = 219,21 \text{ kWh/mês}$$

- **Junho/2017**

$$\frac{1250 \times 0,572}{4} = 178,75 \text{ kWh/mês}$$

- **Julho/2017**

$$\frac{1415 \times 0,572}{4} = 202,34 \text{ kWh/mês}$$

- **Agosto/2017**

$$\frac{1320 \times 0,572}{4} = 188,76 \text{ kWh/mês}$$

- **Setembro /2017**

$$\frac{1396 \times 0,572}{4} = 178,68 \text{ kWh/mês}$$

Tabela 8 - Histórico de Energia gerada a partir da produção do biogás

Mês	Energia Gerada
set/16	210,63
out/16	192,19
nov/16	188,04
dez/16	198,05
jan/17	195,76
fev/17	161,3
mar/17	209,92
abr/17	177,32
mai/17	219,21
jun/17	178,75
jul/17	202,34
ago/17	188,76
set/17	178,68
Total	2500,95

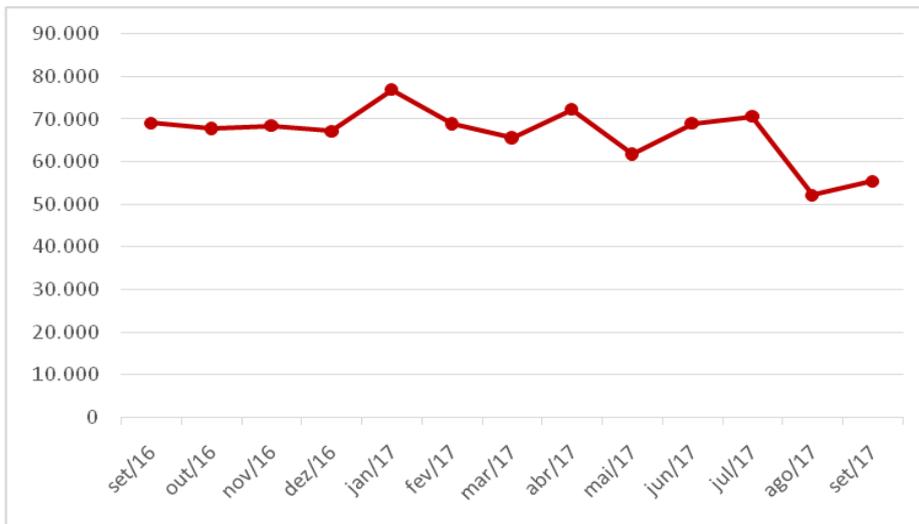
Fonte: Acervo da própria pesquisa

A partir dos valores obtidos, verificou-se que a energia gerada através da queima do biogás no local estudado não apresenta viabilidade técnica para a

geração de energia, visto que a demanda consumida pelo Frigorífico apresenta média de 73.901 kWh enquanto a energia gerada através desta queima obtém o valor médio de 208,41 kWh.

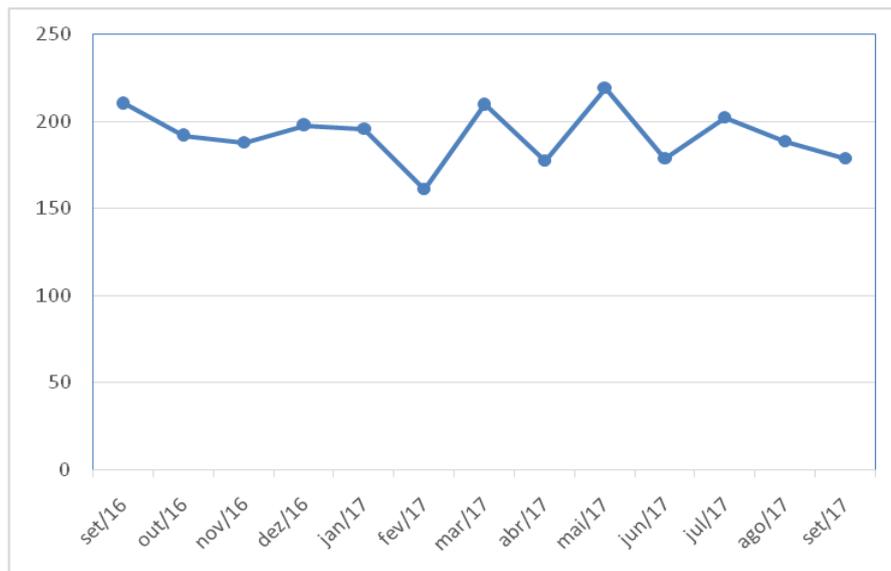
A viabilidade não ocorre devido o sistema a ser implantado no Frigorífico não irá suprir a demanda consumida, pois, a demanda gerada neste sistema representa o valor de 0,28% do total da demanda consumida no horário fora de ponta.

Gráfico 2 - Histórico de consumo do Frigorífico Boi da Terra



Fonte: Autoria Própria

Gráfico 3 - Energia gerada a partir da produção do biogás



Fonte: Autoria Própria

6 CONCLUSÃO

Atualmente a busca pela economia do valor da conta de energia é constante, uma vez que o Sistema Elétrico está sobrecarregado fazendo com que o governo repasse a energia com o valor mais alto para o consumidor, aumentando a busca por gerações próprias com um “menor custo”. O presente trabalho apresentou um estudo técnico detalhado sobre a geração de energia elétrica a partir do biogás de gerado através da bovinocultura para um frigorífico de médio porte, localizado no estado de Minas Gerais.

Os cálculos para verificação da viabilidade do sistema mostraram que o uso do biogás como combustível na geração de energia é inviável para a implantação de um sistema de biodigestão e de uma central geradora de energia elétrica no Frigorífico, consideramos que o tratamento de biomassa residual com média anual de 1469 bovinos abatidos, permitirá gerar 10.522,26 m³/ ano de biogás que convertido em energia elétrica representa 2500,95 kWh/ano, o que será suficiente para suprir apenas 0,28% da energia consumida do Frigorífico.

Conclui-se que a geração de energia elétrica a partir de biogás para a propriedade em estudo só será viável se for incluso no processo de digestão anaeróbica no biodigestor os restos do abate, como: ossos, gorduras, cabeça e partes condenadas além do uso de outro sistema de energia renovável como a Energia Solar, que vêm crescendo de ano em ano suprimindo uma demanda grande para as grandes Centrais geradoras e consumidoras.

Para trabalho futuros, recomenda-se o desenvolvimento de tecnologia de geração de biogás e conversão do mesmo em energia elétrica para que os equipamentos possam ser mais eficientes utilizando os dejetos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Atlas de Energia Elétrica do Brasil*. 2 ed. Brasília: ANEEL, 2005. 243p. Disponível em <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf> : Acesso em 05 de outubro de 2017.

_____. *Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional*: módulo 1 - Introdução. 9. ed. Brasília: ANEEL, 2016. 61p. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14866914/M%C3%B3dulo1_Revisao_9/1b78da82-6503-4965-abc1-a2266eb5f4d7>. Acesso em 28 de setembro de 2017.

_____. *Resolução Normativa 482*. Brasília: ANEEL, 2012. 12p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 05 de outubro de 2017.

ALAGUMALAI, A. *Internal combustion engines: Progress and prospects*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 38, p. 561–571, out. 2014.

BARREIRA, P., *Biodigestores: Energia, fertilidade e saneamento para a zona rural* / Paulo Barreira. – 3ª edição. – São Paulo: Ícone, 2011.

BLOG BGS. *Biogás*. Disponível em: <http://bgsequipamentos.com.br/blog/tag/biogas/> Acesso em: 06 de outubro 2017

CAATINGA, Semeando vidas no semiárido, *Primeiros biodigestores construídos no Sertão do Araripe*. Disponível em: <http://www.caatinga.org.br/primeiros-biodigestores-construidos-no-sertao-do-araripe/>- Acesso em: 20 de outubro 2017

CASSINI, S. T. ; COELHO, S. T. ; PECORA, V. . Biogás- Biocombustíveis ANP. In: Carlos Augusto G. Perlingeiro. (Org.). *Biocombustíveis no Brasil - Fundamentos, Aplicações e Perspectivas*. C. Rio de Janeiro: Synergia Editora, 2014, v. 1, p. 136-167.

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

COSTA, D. F. , *Geração de energia elétrica a partir do biogás do tratamento de esgoto*, São Paulo, 2006.

DEUBLEIN, D.; STEINHAUSER, A. Biogas from Waste and Renewable Resources. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2011.

FERNANDES, D. M. et al. Eficiência da biodigestão anaeróbia no manejo da biomassa residual na Unidade Granja Colombari. In: I Congresso Sul Brasileiro de Produção Animal Sustentável. Anais...Chapecó, SC: 2010

GASES DO EFEITO ESTUFA, disponível em: <<http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>>, acesso em 19 de out. 2017.

KOMIYAMA, M.; MISONOU, T.; TAKEUCHI, S.; UMETSU, K.; TAKAHASHI, J. Biogas as a reproducible energy source: Its steam reforming for electricity generation and for farm machine fuel. International Congress Series, 1293, p. 234-237, 2006.

LEÃO ENERGIA. *Geradores a biogás*. Disponível em: <http://www.leaoenergia.com.br/produtos/gerador-gas/>. Acesso em: 06 DE OUTUBRO 2017

LETTINGA, G.; HULSHOF Po L. W. E.; ZEEMAN, G. *Biological wastewater treatment – Part 1: anaerobic wastewater treatment*. [Lecture Notes]. Wageningen: Wageningen Agricultural University, 1996.

LUCAS JÚNIOR, J. Algumas considerações sobre o uso do estrume de suínos como substrato para três sistemas de biodigestores anaeróbios. Tese (Livre-Docência).

LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F. M.; SANTOS, T. M. B.; OLIVEIRA, R. A. Aproveitamento de resíduos agrícolas para a geração de energia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, p. 6367, Poços de Caldas, 1998. Anais...1998.

MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. DE. Análise Econômica na Geração de Energia Elétrica a partir do biogás na suinocultura. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 3, p. 477–486, 2011.

MITZLAFF, K. VON. Engines for biogas. Eschborn: GTZ, 1988

NOGUEIRA, L. A. H. Biodigestão: A alternativa energética. São Paulo: Editora Nobel, 1992. p.93.

O ECO, *Gases do efeito estufa*: Dióxido de Carbono (CO₂) e Metano (CH₄). Disponível em: <http://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/28261-gases-do-efeito-estufa-dioxido-de-carbono-co2-e-metano-ch4/>. Acesso em: 16 de outubro 2017

O NOVO MERCADO DO CARBONO: *Protocolo de Quioto*, disponível em: <https://www.knowledgeatwharton.com.br/article/efeito-estufaprotocolo-de-quioto-o-novo-mercado-de-carbono/> acesso em 20 de out. 2017

OLIVEIRA, P. A. V. de. Produção e aproveitamento do biogás. In: OLIVEIRA, P. A. V. de et al. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: Manual revista científica eletrônica de medicina veterinária: *Gestão Integrada de Ativos Ambientais*, 2004. Cap. 4, p. 42-55.

PECORA, V. Implantação de uma Unidade Demonstrativa de Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás de Tratamento do Esgoto Residencial da USP – Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado – Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia (PIPGE), da Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2006.

PEREIRA, M. F. Biodigestores: Opção Tecnológica para redução de impactos ambientais na suinocultura. Embrapa, 2005.

PIPATMANOMAI, S.; KAEWLUAN, S.; VITIDSANT, T. Economic assessment of biogas-to-electricity generation system with H₂S removal by activated carbon in small pig farm. *Applied Energy*, v. 86, n. 5, p. 669–674, maio. 2009.

PROINFA. *Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Resources*. Ed. Wiley-VCH, 2008.

RUIZ, R. L. Editora: Microbiologia Zootécnica. São Paulo: Roca, 1992. p.314.

SANTOS, N. O., *Termodinâmica aplicada às termelétricas – Teoria e prática – 2ª edição*. Rio de Janeiro, 2006.

SCHUCH, Sergio. L. Condomínio de Agroenergia: Potencial de Disseminação na Atividade Agropecuária. Dissertação (Mestrado Energia na Agricultura). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel. 2012. Disponível em: http://projetos.unioeste.br/pos/media/file/energia_agricultura/pdf/Dissertação_Sergio_Schuch.pdf. Acesso em: 22 out. 2017.

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

TOBIAS, A. C. T. Tratamento de Resíduos da Suinocultura: Uso de reatores anaeróbicos sequenciais seguido de leitos cultivados. 2002, 125 f. tese de doutorado em engenharia agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002.

VIDAL, S., *Controlando o aquecimento global* – Como reduzir em 30% as emissões de gases estufa até 2030. – 1ª edição. – Ceará, 2007.

ANEXO A - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA



Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087 Av. Barbacena, 1.200 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MG Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE, foi criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002

FRIGORIFICO ARANA LTDA
RD BR418 KM164 164 IN
BR418 KM164
39800-000 TEOFILO OTONI, MG
CNPJ 41.849.258/0001-44
INSCRIÇÃO ESTADUAL 3130161830080

Referente a
OUT/2017
Código de Débito Automático:
000081565319

Nº DO CLIENTE
7008191340

Classe Industrial		Subclasse Industrial		Datas de Leitura ANTERIOR: 01/09 ATUAL: 02/10 PRÓXIMA: 01/11			Datas da Nota Fiscal EMISSÃO: 02/10 APRESENTAÇÃO: 04/10		Nº DA INSTALAÇÃO 3009018027
-----------------------------	--	--------------------------------	--	--	--	--	---	--	--

NOTA FISCAL - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIEU - Nº000006437 - PTA Nº16.000114527.70

Informações Gerais
Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.248, de 23/05/20 Conforme DECRETO Nº 46.213, DE 11 DE ABRIL DE 2013, não será exigido o recolhimento do ICMS sobre a parcela de Demanda de Potência não utilizada
AGENTE DE RELACIONAMENTO: CEMIG MAIS
E-MAIL: cemigmals@cemig.com.br

Descrição	Quantidade	Preço	Valor (R\$)
Demanda At Iva kW HFP/Único	190	14,86100571	2.785,51
Energia At Iva kWh HFP/Único	57,072	0,38354483	21.989,62
Energia At Iva kWh HP	1.312	1,65000064	2.164,79

Encargos / Cobrança

Juros mora Ixam: 21 dia(s) sobre R\$25055,82	175,39
Varição do ISPM: R\$25231,21	17,53
PAS/COF Demanda Não Utilizada	-7,68
ICMS Demanda não utilizada(BC -R\$ 601,08)	-108,19
Multa 2% conta de 09/2017 sobre R\$ 26.005,68	520,11

Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar

Bandeira Amarela	1.470,41
Bandeira Vermelha	153,70

Indicadores de Qualidade de Fornecimento
Mês: 08/2017

Apurado	Mensal	Trimestral	Anual
DIC	0,00	4,01	8,02
FIC	0,00	2,51	5,02
DMIC	0,00	2,85	-
DICFI	-	9,77	-

Tensão: Nominal = 13,8 kV Min. = 12,9 kV Máx. = 14,5 kV
Valor Encargo Uso Sist. Distribuição: R\$5.129,93

Informações de Faturamento

VENCIMENTO
27/10/2017

VALOR A PAGAR
R\$ 27.437,21

Histórico do Consumo

Mês/Ano	DEMANDA (kW)		ENERGIA (kWh)		HR
	HP	HFP	HP	HFP	
SET/17	133	150	1.394	55.596	0
AGO/17	150	203	1.394	52.316	0
JUL/17	166	194	1.722	70.766	0
JUN/17	175	203	1.886	69.126	0
MAI/17	187	217	1.476	61.910	0
ABR/17	105	191	1.394	72.406	0
MAR/17	162	192	1.394	65.764	0
FEV/17	174	195	1.722	68.962	0
JAN/17	126	205	1.558	76.998	0
DEZ/16	167	203	1.558	67.322	0
NOV/16	159	215	1.476	68.652	0
OUT/16	154	223	1.722	67.896	0

Reservado ao Fisco
7537.E0CA.9442.1B79.8E6A.0636.48B3.3FB2

Base de cálculo(R\$) 26.238,92	ICMS Alíquota(%) 18	Valor(R\$) 4.723,00	PASEP (R\$) 315,32	COFINS (R\$) 1.456,46
--	-------------------------------	-------------------------------	------------------------------	---------------------------------

Ouvidoria CEMIG: 0800 729 3839 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e tarifada na origem para telefones celulares.

CEMIG Distribuição S.A.

41440101 000081565319 27/10/2017 R\$ 27.437,21

Outubro/2017



Nota
Aos
traz

ANEXO B – DEMONSTRATIVO DE GRANDEZAS FATURADAS



Distribuição S.A.

www.cemig.com.br/atendimento

Cemig Torpedo 29810

Fale com a Cemig 116

Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.981.180/0001-16 / Insc. Estadual 062.322136.0087
Av. Barbacena, 1.209 - 17º andar - Ala A1 - CEP 30190-131 - Belo Horizonte - MGTarifa Social de Energia Elétrica - TSEE aprovada pela
Lei nº 4.938 de 26 de abril de 2002

DEMONSTRATIVO DE GRANDEZAS FATURADAS

Cliente:	COMERCIO ARANA LTDA	Unidade:	TEOFILO OTONI
Instalação:	009018027	Medidor:	GM1122100954
Subgrupo:	A	Local de Medição:	
Modulação contratada / Horário de Ponta:	17:00 as 20:00	Mês / Ano:	10/2017
		Dias Livres:	SAB e DOM

LEITURAS

Segmentos	HFP/Único		HP		HR	
	Leitura anterior	Leitura atual	Leitura anterior	Leitura atual	Leitura anterior	Leitura atual
kW		181		146		0
kWh	3.777	4.473	96	112	0	0
kVArh	636	724	4	5	0	0
UFER	11	0	0	0	0	0
DMCR		136		110		0

DEMANDA(kW)

Segmento	Produto	Registrado	Acerto Reg.	Data/Hora	Acerto Fat.	Contratado	Faturado ultrapass.	Faturado normal
HFP/Único	Demanda ativa	145				190		190
	Demanda Energia Interrupt.							
	Demanda reativa - HFER							
	DMCR	136						
HP	Demanda ativa	117						
	Demanda Energia Interrupt.							
	Demanda reativa - UFDR							
	DMCR	95						
HR	Demanda ativa							
	Demanda reativa - UFDR							
	DMCR							

ENERGIA(kWh)

Segmento	Produto	Registrado	Acerto Reg.	Contratado	Take	Acerto Fat.	Faturado ultrapass.	Faturado normal
HFP/Único	Energia ativa	560						57.072
	Energia Interruptível							
	Energia reativa - UFER							
	kVArh	7.040						
HP	Energia ativa	1.280						1.312
	Energia Interruptível							
	Energia reativa - UFER							
	kVArh	80						
HR	Energia ativa							
	Energia reativa - UFER							
	kVArh							

FATORES

Segmento	Fator de Carga	Fator de potência	CONSTANTES	
			RTC	RTP
HFP	0,560		kW	80
HP	0,182		kWh	80
HR			Perdas Transf.	2,5
			Medidor	1,0

Notas:

Aos valores registrados deverão ser acrescentados 2,5 % de perdas de transmissão.

Tarifa resolução homologatória Aneel (sem impostos):

Dem. At. kW HFP/Único	11,05
En. At. kWh HFP/Único	0,28907774
En. At. kWh HP	1,24360774