



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO:

ENGENHARIA ELÉCTRICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

TITULO:

**DIMENSIONAMENTO DE MINI-CENTRAL DE BIOGÁS PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA A UMA ASSOCIAÇÃO
AGRÍCOLA ATRAVÉS DE DEJECTOS DE ANIMAIS**

Autor:

Guilherme António Major Júnior

SUPERVISOR:

Eng^o. Anacleto Albino, Msc.

Maputo, Julho de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO:

ENGENHARIA ELÉCTRICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

TÍTULO

**DIMENSIONAMENTO DE MINI-CENTRAL DE BIOGÁS PARA
GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA A UMA ASSOCIAÇÃO
AGRÍCOLA ATRAVÉS DE DEJECTOS DE ANIMAIS**

Autor:

Guilherme António Major Júnior

SUPERVISOR:

Eng^o. Anacleto Albino, Msc.

Maputo, Julho de 2021



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante **GUILHERME ANTÓNIO MAJOR JÚNIOR** entregou no dia 13/07/2021 as **3** cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com referência: **2020ELTLD12**

Intitulado: **DIMENSIONAMENTO DE MINI-CENTRAL DE BIOGÁS PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA A UMA ASSOCIAÇÃO AGRÍCOLA ATRAVÉS DE DEJECTOS DE ANIMAIS.**

Maputo, 13 de Julho 2021

A chefe da Secretaria

(dr^a. Arlete Chiconela)

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE DO RELATÓRIO DE TRABALHO DE LICENCIATURA

Eu, **Guilherme António Major Júnior**, estudante finalista do curso de engenharia eléctrica, período laboral, Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, declaro que este Relatório de Trabalho de Licenciatura nunca foi apresentado para a obtenção de qualquer grau ou num outro âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

Maputo, Julho de 2021

Guilherme António Major Júnior

DEDICATÓRIA

Á Deus e aos Meus Pais, pela vida e saúde, **Guilherme António Major** e **Sara Félix Joaquim**.

*A minha filha **Whitney** e aos meus irmãos: António, Domingos, Jacinta e Tomé Major pelo apoio incondicional.*

AGRADECIMENTOS

A Deus todo-poderoso, pela vida, saúde e tudo de bom que tem acontecido na minha vida a cada dia.

À minha família, pela força, educação e o investimento que têm feito para a concretização dos meus sonhos.

Ao meu irmão António Major que têm servido de psicólogo e confidente durante em todos esses anos do curso.

Aos meus amigos de infância, Eugénio Maússe, Elias Cuambe e Luís Matavel.

Aos meus grandes amigos das trincheiras, e pelo espírito de irmandade que eles me mostraram durante todo o curso, eng^o Ernesto Tiwane, eng^o Bernardino Mandlate, Estêvão Manhicane, eng^o Domingos Sitole, eng^o Valério Zunguze, eng^a Vânia Mangachaia, eng^o David Ubisse, David Matosse e eng^o José Maúngue.

A todos meus colegas do curso, pela amizade, companheirismo, em especial ao eng^o Geraldo Nhantumbo, eng^o Evaristo Matessane, Issufo Nhantumbo, eng^o Januário Mucuhu, Humberto Darare e por terem sido um suporte para mim, compartilhando momentos de ansiedade e procurando sempre me auxiliar nas dificuldades.

Aos docentes do Departamento de Engenharia Electrotécnica, particularmente do curso de Engenharia Eléctrica – Laboral pela transmissão dos conhecimentos, sabedoria e experiencia, especialmente ao eng^o Ivan Juga, eng^o Luís Pililão e eng^o Zefanias Mabote pela inspiração na minha trajectória académica.

Ao meu supervisor, Eng^o Anacleto Albino, pela dedicação, acompanhamento, criticas e sugestões, bem como a simpatia demonstrada ao longo da realização deste relatório.

EPÍGRAFE

“Não é segurando nas asas que ajuda um pássaro a voar.”

[Mia Couto]

*“Um idiota é um idiota.
Dois idiotas, são dois idiotas.
Dez mil idiotas são um partido político.”*

[Franz Kafka]

RESUMO

Este projecto tem como finalidade o dimensionamento de uma mini - central de biogás que tem como matéria-prima os dejectos provenientes maioritariamente dos suínos, sendo que até a data, de 20 de Março de 2020 a associação disponha de 162 animais, das quais 150 são suínos e 2 bovinos e 10 caprinos. A associação Batsirini Arombo, localizado no posto administrativo de Catandica, após o fim da época agrícola depara-se com o acumulo de dejectos que não tem nenhuma aplicabilidade durante 9 meses em cada ano e também sofre com os gastos para aquisição do combustível para a alimentação das moageiras, que fazem o processamento dos cereais. Desse modo optou-se por dimensionar uma mini – central de biogás para o aproveitamento dos dejectos de animais (biomassa), para geração de energia eléctrica com vista a alimentar as duas moageiras.

O biogás é um composto proveniente da fermentação anaeróbica (ausência de oxigénio) da biomassa de resíduos vegetais, animais ou humanos no biodigestor. Biomassa de dejectos de animais deve ser tratada num biodigestor, onde entre vários modelos de biodigestores de fluxo hidráulico contínuo, optou-se pelo modelo Canadense, por este ser fácil de construir e de fácil manutenção, que é composto por uma fossa, uma caixa de entrada e descarga de resíduos, interligadas a fossa através de tubos de escoamento e uma lona PVC que cobre a fossa, que serve como local para armazenar de aproximadamente 46,4m³ de biogás gerado por dia. Onde este biogás produzido tem a capacidade de alimentar o grupo gerador (de 7kVA), que serve para gerar energia eléctrica, com vista a alimentar duas moageiras de 2,2kW. Sendo que em simultâneo há geração de biofertilizantes (adubo orgânico líquido) para complementar a adubação das machambas com vista a aumentar a produção agrícola e a eliminação das ervas daninhas.

PALAVRAS-CHAVES: Biogás, Biodigestor, Energia eléctrica.

ABSTRACT

The purpose of this project is to dimension a mini-biogas plant whose raw material is swine manure, and to date, March 20, 2020, the association has 162 animals, of which 150 are pigs and 2 cattle and 10 goats. The association Batsirini Arombo, located in the administrative post of Catandica, after the end of the agricultural season is faced with the accumulation of waste that has no applicability for 9 months of each year and suffers from the expenses for the purchase of fuel for food. Mills, which process the cereals. Thus, it was decided to dimension a mini-biogas plant to use animal waste (biomass) to generate electricity in order to feed the two mills.

Biogas is a compound derived from the anaerobic fermentation (absence of oxygen) of biomass from plant, animal or human residues in the biodigester. Biomass from animal waste must be treated in a biodigester, where, among several models of continuous hydraulic flow biodigesters, the Canadian model was chosen, as it is easy to build and easy to maintain, which is composed of a pit, a box of entry and discharge of waste, connected to the pit through drainage pipes and a PVC tarpaulin covering the pit, which serves as a place to store approximately 46.4 m³ of biogas generated per day. Where this produced biogas has the capacity to feed the generator set (7kVA), which is used to generate electricity, with a view to feeding two 2.2kW mills. At the same time, there is the generation of biofertilizers (liquid organic fertilizer) to complement the fertilization of the fields in order to increase agricultural production and eliminate weeds.

KEY WORDS: Biogas, Biodigester, Electrical energy

INDICE

DECLARAÇÃO DE HONRA	I
DEDICATÓRIA	II
AGRADECIMENTOS.....	III
EPÍGRAFE	IV
RESUMO.....	V
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE UNIDADES E GRANDEZAS.....	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XIII
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.3. JUSTIFICATIVA.....	4
1.4. OBJECTIVOS	5
1.4.1. Objectivo Geral.....	5
1.4.2. Objectivos Específicos	5
1.5. METODOLOGIAS.....	6
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	7
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....	8
2.1. Biogás.....	8
2.2. Biomassa	8
2.3. Biodigestor	9
2.3.1. Modelos hidráulicos do biodigestor	10
□ Modelo Indiano.....	11
2.4. Selecção do biodigestor.....	14
2.4.1. Modelo Canadense	14

Trabalho de Licenciatura

2.4.2.	Funcionamento do biodigestor	15
2.5.	Formação do biogás num biodigestor	16
2.5.1.	Factores que influenciam na produção de biogás	18
2.6.	Constituição básica de uma central de biogás.....	21
2.6.1.	Motor de combustão interna.....	23
CAPITULO III- ANÁLISE E DISCUSSÃO		25
3.	Avaliação do poder energético do biogás em relação aos outros combustíveis	25
3.1.	Localização geográfica da área em estudo	26
3.1.1.	Dimensionamento do biodigestor do modelo canadense.....	27
3.1.1.1.	Instalação do biodigestor.....	31
3.1.1.2.	Operação do biodigestor	32
3.1.2.	Seleção do grupo gerador	32
3.1.3.	Composição do Diesel	36
3.1.4.1.	Cabo alimentador e protecção	38
3.1.4.1.1.1.	Secção do cabo alimentador, (ALMEIDA, 2001):	39
3.1.4.1.1.2.	Cálculo do tempo de corte da corrente de curto-circuito (I_{cc}), pelo aparelho de protecção	40
3.1.4.1.1.3.	Secção de cabos de alimentação dos motores, (ALMEIDA, 2001):	41
3.1.4.1.1.4.	Cálculo do tempo de corte da corrente de curto-circuito (I_{cc}), pelo aparelho de protecção	43
3.1.5.	Protecção do motor	45
3.1.6.	Ligação a terra	46
3.1.7.	Eléctrodo de terra.....	47
3.2.	Estimativa de custo para a implementação do projecto.....	48
3.2.1.1.	Matérias para construção do biodigestor Canadense.....	48
3.2.1.2.	Manutenção	49

Trabalho de Licenciatura

3.3. Avaliação do ambiente durante a operação do projecto	50
3.3.1. Biofertilizante.....	51
CAPITULO IV- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	52
4.1. CONCLUSÕES.....	52
4.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	53
4.3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	54
Anexos.....	A

LISTA DE FIGURAS

Figura 2. 1: Biodigestor modelo batelada	10
Figura 2. 2: Modelo tubular	11
Figura 2. 3: Modelo biodigestor Indiano.....	12
Figura 2. 4: Modelo biodigestor Chinês	12
Figura 2. 5: Modelo biodigestor Canadense	13
Figura 2. 6: Modelo biodigestor Canadense	14
Figura 2. 7: Estrutura esquemática de uma central de biogás.....	21
Figura 2. 8: Diagrama de conversão do biogás em energia eléctrica	22
Figura 2. 9: Conjunto de geração de energia eléctrica independente da rede de distribuição	22
Figura 2. 10: Conjunto Gerador de energia eléctrica debitando na rede da concessionária	23
Figura 2. 11: Funcionamento do motor Diesel 4 tempos	24
Figura 3. 1: Mapa da cidade de Chimoio	26
Figura 3. 2: Distância entre o grupo gerador e o biodigestor	27
Figura 3. 3: Dimensões do biodigestor	31
Figura 3. 4: Operador da moageira e a senhora na moagem de milho. Fonte: (Comunitárias, 2017) A direita: Imagem ilustrativa da moageira existente na associação. Fonte: (buy.co.mz)	32
Figura 3. 5: Grupo gerador de modelo YKS-8500ES.....	34
Figura 3. 6: Filtro de biogás industrial.....	35
Figura 3. 7: Filtro artesanal de biogás	35
Figura 3. 8: Esquema de geral	38
Figura 3. 9: Esquema de comando para o arranque dos motores monofásicos das duas moageiras.....	45
Figura 3. 10: Esquema geral para compreensão da instalação.....	46
Figura 3. 11: Sistema de ligação a terra	46
Figura 3. 12: Sistema de ligação a terra (triangulo equilátero)	47
Figura 3. 13: Diagrama de operação do projecto	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. 1:Relação entre Carbono e Nitrogénio (C/N) de diversos materiais	20
Tabela 2. 2: Substâncias químicas que prejudicam a produção de biogás	20
Tabela 2. 3: Substâncias químicas e o método de remoção	24
Tabela 3. 1: Equivalência energética de cada metro cúbico (1m ³) de Biogás.	25
Tabela 3. 2: Potencial de produção de biogás (P.P.B) a partir dejectos de animais	27
Tabela 3. 3: Cálculo da carga diária de dejectos de animais.....	28
Tabela 3. 4: Quantidade de gás gerado diariamente.....	28
Tabela 3. 6: Equações para cálculo das dimensões do Biodigestor canadense e sua resolução	30
Tabela 3. 6: Cálculo da potência de arranque dos motores de acionamento das moageiras (Dados adaptados do Anexo 1)	33
Tabela 3. 7: Especificações do grupo gerador de modelo YKS-8500ES.....	34
Tabela 3. 8: Equivalências de combustíveis ao biogás	36
Tabela 3. 9: propriedades típicas de biogás de biodigestor.....	36
Tabela 3. 11: Planos de manutenção	49

LISTA DE UNIDADES E GRANDEZAS

GWh	Gigawatt-hora
kg	Quilograma
kVA	Quilovolt-ampere
kW	Quilowatt
m	Metro
m ³	Metro cúbico
MJ	Megajoule
mm	Milímetro
MWh	Megawatt-hora
°C	Graus Celsius
r	Raio
V	Volt

LISTA DE ABREVIATURAS

Eng ^o	Engenheiro
fp	Factor de potência
GLP	Gás liquefeito de petróleo
Msc.	Master of sciences
η	Rendimento
Ω	Ohm

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Biogás é a mistura de gases composta maioritariamente pelo metano e dióxido de carbono, que é obtida através da decomposição biológica da matéria orgânica na ausência de oxigénio. Foi no final do Século XIX e início do Século XX que a China e Índia iniciaram a exploração da técnica de utilização do gás produzido a partir do processo de digestão anaeróbica (sem oxigénio), usando como biomassa os restos de comidas para iluminação.

Em 1806, na Inglaterra, Humphrey Davy identificou um gás rico em carbono e dióxido de carbono, sendo este resultante da decomposição de dejectos de animais em lugares húmidos.

Em 1857, na Índia em Bombaim, instalou-se o primeiro biodigestor que deu bases teóricas e experimentais da digestão anaeróbica usando como biomassa os dejectos de animais, (Araújo, 2017).

Em 1895, houve a primeira utilização do gás metano produzido por fermentação, na cidade de Exeter na Inglaterra, o qual foi utilizado para a iluminação pública, (Aquino, et. al, 2014).

Actualmente para casos de uma exploração em grande escala o gás é tido como a terceira fonte mais barata (perdendo para a energia eólica e solar), sendo a (Portal Solar , 2014):

- Energia nuclear com um custo de US\$ 190/MWh;
- Energia geotérmica com um custo de US\$ 105/MWh;
- Carvão com um custo de US\$ 130/MWh;
- Gás com um custo de US\$ 61/MWh;
- Energia solar com um custo de US\$ 48/MWh;
- Energia eólica com um custo de US\$ 47/MWh.

Trabalho de Licenciatura

Portanto, inspirados nos feitos relatados acima, o presente trabalho visa ao dimensionamento de uma minicentral de biogás para geração de energia eléctrica a uma associação agrícola (Batsirini Arombo com 2 hectares de extensão) através de dejectos de animais, com vista a dinamizar as actividades exercidas e aumentando a produção agrícola, gerando energia eléctrica (para as moageiras e outros fins) e biofertilizantes (para as machambas) dentro da Associação.

Guta (no posto administrativo de Catandica), é um local que apesar de ter sofrido de 2016 a 2018 a ataques armados, este vem se reerguendo com a produção agrícola e criação de animais (gado caprino, suíno, bovino e aves). Sendo que esses têm criado um mau estar no seio da comunidade devido ao acúmulo de dejectos provenientes dos animais existentes, e a associação não fica fora desses problemas de gestão dos dejectos de animais.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A falta de gestão dos dejectos produzidos pelos animais na sede da associação, tem causado problemas aos gestores, devido acumulo de dejectos (que apesar de estes serem usados como fertilizantes nas épocas agrícolas nos meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro), visto que dia após dia há novos dejectos produzidos nas pocilgas e curais. Aliada a falta de energia eléctrica, que retarda não só o desenvolvimento mas aumenta os gastos na compra de combustível fóssil (Diesel) para as 2 moageiras existentes nesta associação.

1.3. JUSTIFICATIVA

O presente tema justifica-se na medida em que a utilização de dejectos de animais da propriedade para geração de energia eléctrica, poderá diminuir alguns problemas (como: poluição atmosférica resultante da libertação do dióxido de carbono (CO₂) para atmosfera) e dinamizar as actividades efectuadas na associação e nas comunidades circunvizinhas. Sendo que a sede da associação (que tem uma extensão de 2 (dois) hectares), com duas moageiras e está a 5 (cinco) quilómetros da rede eléctrica. Com o uso da biomassa (dejectos) pode-se gerar a energia eléctrica, sanando os dois problemas (falta de gestão de dejectos e falta de energia eléctrica) e aumentar a produção agrícola.

1.4. OBJECTIVOS

1.4.1. Objectivo Geral

- Dimensionar uma minicentral de biogás para geração de energia eléctrica a uma associação agrícola através de dejectos de animais.

1.4.2. Objectivos Específicos

- Seleccionar o biodigestor que melhor se adequa para propriedade;
- Explicar o processo de formação do biogás no biodigestor;
- Explicar a constituição básica de uma central a biogás;
- Avaliar o poder energético do biogás em relação aos outros combustíveis;
- Seleccionar o grupo gerador para a propriedade;
- Hipótese de estimativa de custo para a implementação do projecto;
- Avaliar o ambiente durante a operação do projecto;

1.5. METODOLOGIA

Para o alcance dos objectivos, propõe-se:

a) Quanto à natureza

- **Aplicada:** Uso de informações existentes como forma de gerar novos conhecimentos sobre dimensionamento de uma minicentral de biogás para geração de energia eléctrica a uma associação agrícola através de dejectos de animais.

b) Quanto à abordagem

- **Quantitativa:** Análise e aquisição dos dados sobre o princípio de funcionamento, dados comparativos sobre biodigestores, biogás e avaliação do seu poder calorífico.

c) Quanto aos objectivos

- **Descritiva:** Descrição do objecto do estudo (biogás para geração de energia eléctrica a uma associação agrícola através de dejectos de animais) e sua análise comparativamente aos modelos de biodigestores que se adequam as condições climáticas do país.

d) Quanto aos procedimentos

- **Pesquisa bibliográfica:** Uso dos manuais de origem electrónica, relatórios e catálogos.
- **Levantamento:** Questionamento directo as pessoas relevantes ao objecto de pesquisa, para fins de colecta dos dados consistentes.
- **Estudo de caso:** Exploração e descrição da situação real do biogás em Moçambique.
- **Estratégias de recolha de dados:** Manuais, catálogos, relatórios de censos agropecuários do local em estudo para a implementação do projecto.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

A redacção deste relatório encontra-se organizada em 4 (quatro) capítulos conforme a seguinte sequência:

No capítulo 1 (um) é feita a introdução do trabalho, a justificativa do tema escolhido para o projecto, bem como os seus objectivos.

No capítulo 2 (dois) é feita o enquadramento teórico sobre biodigestores seguida da escolha do melhor que se adequa a propriedade, a explicação do processo de formação do biogás no biodigestor e a constituição básica de uma central a biogás.

No capítulo 3 (três) é feita a análise e discussão das actividades desenvolvidas no relatório, como, a avaliação do poder energético do biogás em relação aos outros combustíveis; a selecção do grupo gerador para a propriedade; a estimativa de custo para a implementação do projecto e a avaliação do ambiente durante a operação do projecto.

No capítulo 4 (quatro) é feita a apresentação das conclusões e recomendações com propósito de rentabilizar a minicentral.

CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Biogás

O biogás é um composto constituído de 60% (sessenta por cento) de metano, 35% (trinta e cinco por cento) de dióxido de carbono e 5% (cinco por cento) de outros gases, como ácido sulfídrico, monóxido de carbono, oxigénio e nitrogénio. Pode ser utilizado para a iluminação, para a alimentação das máquinas eléctricas e para sistemas de aquecimento nas zonas rurais ou em pequenas comunidades nos países com clima frio, por este possuir um poder energético elevado, (Oliveira, 2018).

Este é resultante da fermentação anaeróbica da biomassa (de origem vegetal e animal) no biodigestor.

2.2. Biomassa

Biomassa é toda matéria orgânica, de origem animal ou vegetal é convertida em energia química através da fotossíntese (onde que a luz solar é convertida em energia química), que é usada para obtenção de combustível, (Virmond, 2007).

Os resíduos da biomassa quanto a sua origem classificam-se em, (Honório, 2009):

- a) Sólidos urbanos;
- b) Vegetais ou agrícolas;
- c) Industriais ou florestais;
- d) Animais ou humanos.

a) Resíduos sólidos urbanos

O aproveitamento dos resíduos urbanos é feito através da pirólise (reação de decomposição que ocorre pela ação de altas temperaturas) ou do tratamento biológico (degradação da matéria orgânica por microrganismos, como as bactérias), após a separação dos componentes metálicos; é realizada a trituração da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos já separados, podendo ser utilizados como combustível através da queima directa ou combustão directa (sendo este (combustão directa) o tipo de

conversão para a obtenção de energia). A composição do resíduo urbano varia de acordo com o poder aquisitivo, a cultura e do tamanho da comunidade, (Honório, 2009).

b) Resíduos vegetais ou agrícolas

São compostos orgânicos constituídos de celulose e com pouca humidade. São simples de preparar e processar para a obtenção de combustível (quanto ao seu tipo do processo de conversão da biomassa para obtenção de energia, usa os processos químicos e termoquímicos). Estes caracterizam-se pela sua disponibilidade sazonal e por ser necessário armazenar por longos períodos, tornando impossível a sua utilização, (Honório, 2009).

c) Resíduos Industriais ou florestais.

As biomassas mais utilizadas como combustíveis são: biomassa lenhosa (madeira) e biomassa vegetal (plantas como a cana-de-açúcar, nas indústrias transformadoras (açucareira de Xinavane e Mafambisse)).

d) Resíduos de animais ou humanos

A digestão anaeróbica é o método mais eficaz para a utilização dos resíduos de animais ou humanos, devido ao alto teor de humidade que pode variar entre 60% (sessenta por cento) e 85% (oitenta e cinco por cento) em média na sua constituição (quanto a forma de conversão da biomassa para obtenção de energia, usa os processos biológicos (que são reações químicas envolvidos na transformação das formas de vida, onde participam neste caso as bactérias)), (Honório, 2009).

2.3. Biodigestor

É uma câmara fechada onde ocorrem bioprocessos para transformação de biomassa, através da degradação anaeróbica da matéria orgânica pela acção de microrganismos e decompositores, (Zenatti, 2009).

2.3.1. Modelos hidráulicos do biodigestor

Pela forma como a biomassa movimenta-se no biodigestor, pode ser agrupado em dois tipos de modelos hidráulicos, (Zenatti, 2009):

- a) Biodigestor de fluxo hidráulico descontínuo: Biodigestor Batelada;
- b) Biodigestor de fluxo hidráulico contínuo: Biodigestor Tubular, Indiano, Chinês e Canadense;

Onde:

a) Biodigestor de fluxo hidráulico descontínuo

- Biodigestor batelada

O biodigestor batelada é composto pela câmara de fermentação, feita de alvenaria e por um gasómetro móvel (local onde fica armazenado o biogás produzido), construído de chapas metálicas. É utilizado para matérias orgânicas cuja decomposição é lenta, onde é alimentado de dejectos diluídos com água ou resíduos vegetais sólidos, (Dominiak, 2016).

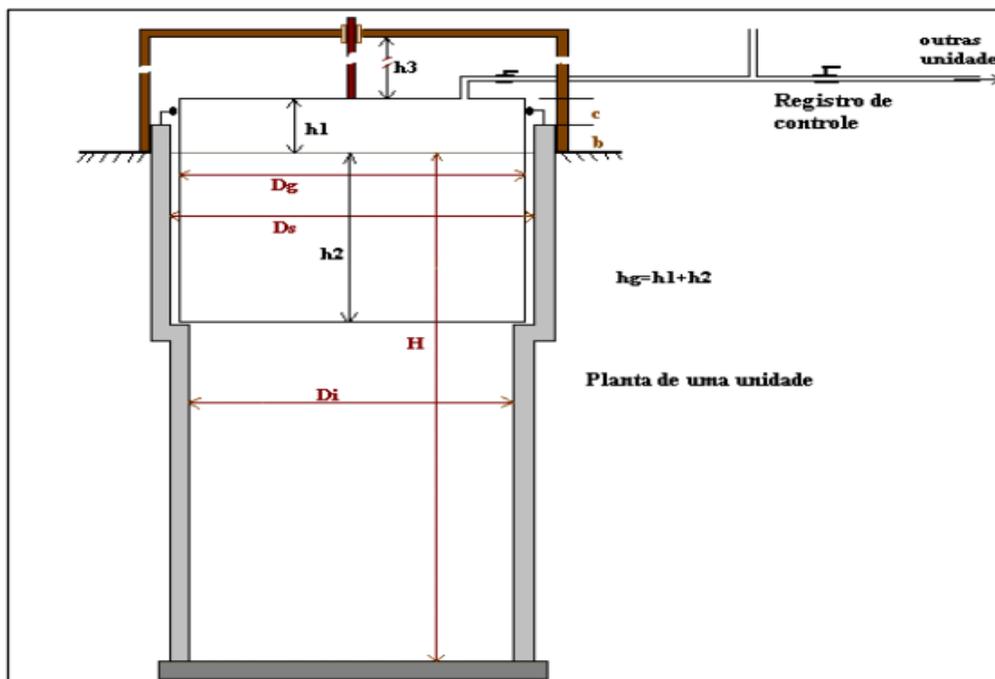


Figura 2. 1: Biodigestor modelo batelada

Fonte: (Dominiak, 2016)

Onde, (Dominiak, 2016):

- **Di** - diâmetro interno do biodigestor;
- **Ds** - diâmetro interno da parede superior;
- **Dg** - diâmetro do gasómetro;
- **H** - altura do nível do substrato;
- **h1** - altura inútil do gasómetro;
- **h2** - altura útil do gasómetro;
- **h3** - altura útil para deslocamento do gasómetro;
- **b** - altura da parede do biodigestor acima do nível do substrato;
- **c** - altura do gasómetro acima da parede do biodigestor.

b) Biodigestores de fluxo hidráulico contínuo

A sua alimentação é de forma contínua (a cada alimentação, uma quantidade equivalente de substrato (restos, resíduos do material orgânico após o tratamento biológico) é retirado do mesmo) e a produção de gás também é de forma contínua. São os modelos mais usados no mundo, (Zenatti, 2009).

- **Modelo tubular**

No modelo tubular não há a mistura do material (dejectos com água), sendo que a movimentação do mesmo (material) ocorre como num tubo, por isso que é chamado fluxo tubular. A percentagem do material não digerido é maior na entrada e menor na saída, (Zenatti, 2009).



Figura 2. 2: Modelo tubular

Fonte: (Zenatti, 2009)

- **Modelo Indiano**

O modelo indiano possui o tanque digestor (onde é alojada a biomassa) feito de alvenaria e o gasómetro ou campânula flutuante (onde fica armazenado o biogás).

O gasómetro é feito de ferro e permite o controlo da pressão na saída do biogás, dispensando os aparelhos de regulação, sendo esta a peça mais cara e encarecendo o modelo do biodigestor, (Baú, 2015).

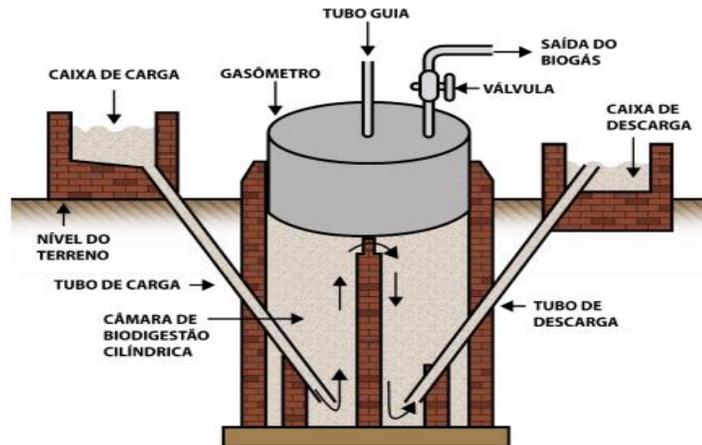


Figura 2. 3: Modelo biodigestor Indiano

Fonte: (Baú, 2015)

- **Modelo Chinês**

O modelo Chinês não se difere muito do modelo Indiano visto que o mesmo foi inspirado nele, fazendo alterações ou adaptações (do modelo Indiano) para satisfazer as condições locais da China, retirando o uso do gasómetro móvel, tornando-o fixo, (Baú, 2015).

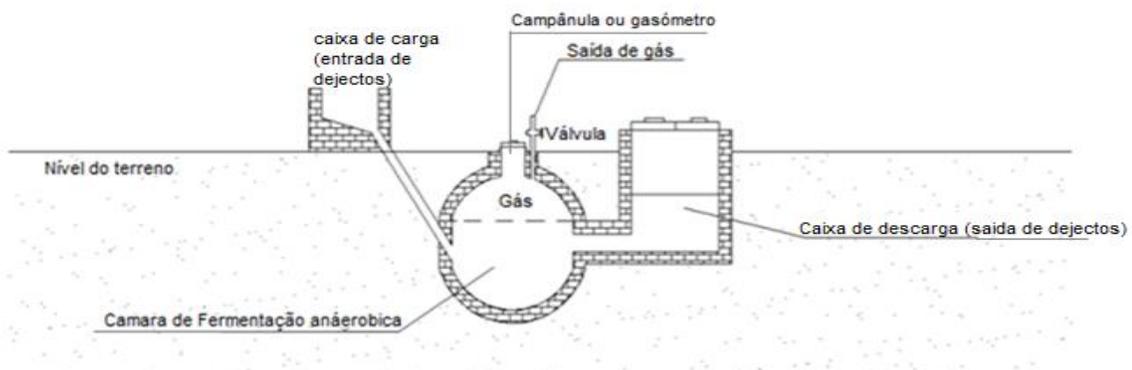


Figura 2. 4: Modelo biodigestor Chinês

Fonte: (Baú, 2015)

- **Modelo Canadense**

O biodigestor modelo Canadense é horizontal, com largura maior que a profundidade, possuindo uma área maior de exposição ao sol, o que possibilita uma grande quantidade de produção de biogás, (Walker, 2009).

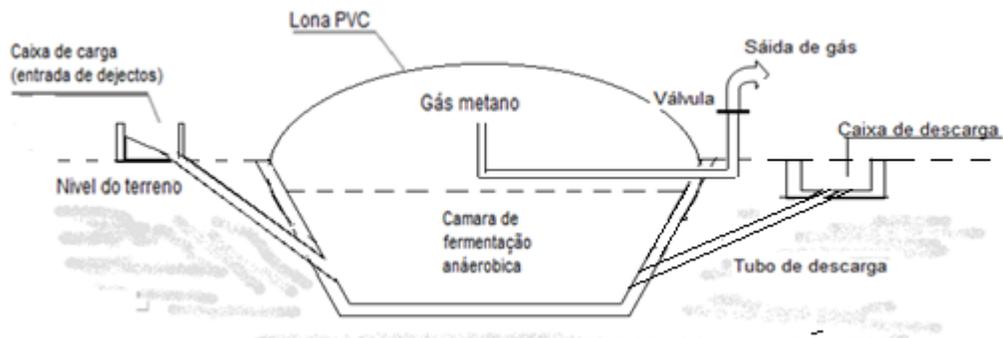


Figura 2. 5: Modelo biodigestor Canadense

Fonte: (Baú, 2015)

2.4. Selecção do biodigestor

2.4.1. Modelo Canadense

Segundo (Baú, 2015), a principal característica física do modelo Canadense, é o facto de possuir orientação horizontal, onde que a sua estrutura é semelhante a um tubo e a base desta concepção pode ser feita de alvenaria e com uma lona impermeável, obedecendo uma das regras primordiais (onde a largura deve ser maior que a profundidade da vala).

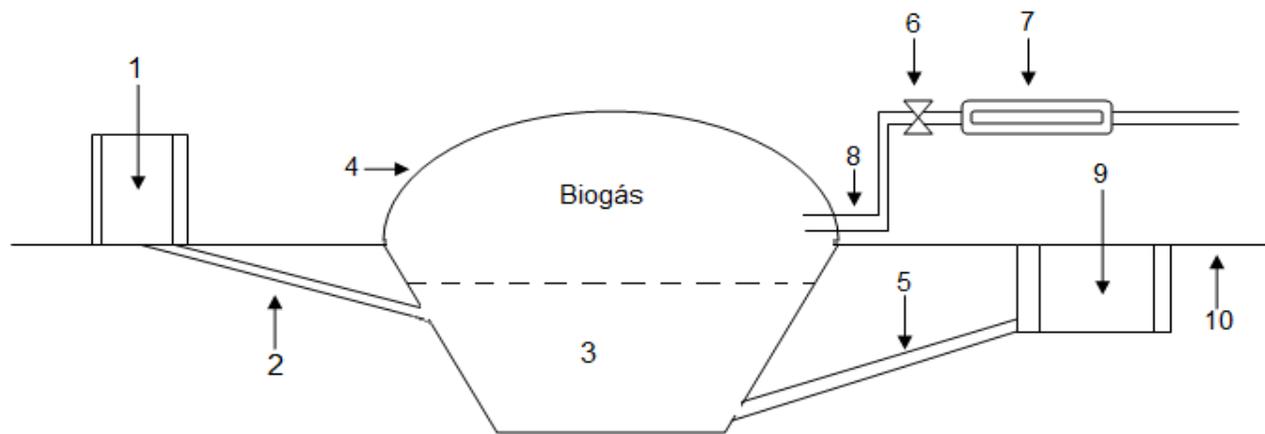


Figura 2. 6: Modelo biodigestor Canadense

Fonte: (Major, 2021)

Onde, (Oliveira, 2018):

- 1 - Caixa de carga – local de entrada e diluição dos dejectos;
- 2 - Tubo de carga – conduz a matéria-prima da caixa de carga até o interior do biodigestor. O tubo de alimentação ou carga deve estar posicionado aproximadamente 50 cm (cinquenta centímetros) acima do tubo de saída para não haver riscos de refluxo pelo tubo de carga;
- 3 - Câmara de biodigestão – local onde ocorre o processo de fermentação anaeróbica para a produção de biogás;
- 4 - Gasómetro – feito de lona PVC, sendo o local onde o gás produzido é armazenado. Movimenta-se verticalmente ou infla (dilatar) cada vez que vai ocorrendo a produção do biogás;
- 5 - Tubo de descarga – conduz o material fermentado (sólido e líquido) para a saída;
- 6 - Válvula – regula a saída do biogás;

- 7 - Filtro – filtra outros gases que compõem o biogás como dióxido de carbono e ácido sulfídrico;
- 8 - Tubo de saída de biogás – tubo que permite a saída do biogás produzido para ser encaminhado para os pontos de consumo passando pelo filtro;
- 9 - Caixa de descarga ou caixa de saída – local de saída do substrato;
- 10 - Nível de terreno

A principal vantagem deste modelo está na produção constante de biogás, como a descarga dos dejectos de animais (ou sólidos voláteis) é feita diariamente. A caixa de entrada ou carga de dejectos está directamente conectado a pocilgas, capoeiras ou currais, facilitando o manuseio e poupando trabalhos desnecessários como de carregar os dejectos até a caixa de carga, (Baú, 2015).

O modelo Canadense, é tido como o modelo mais económico quando comparado a outros modelos, por ter poucos gastos com a manutenção. Sendo que a manutenção é feita somente nos furos da lona e na limpeza da tubulação que conduz o gás até o centro de combustão, (Baú, 2015).

Este modelo é adequado para regiões quentes, visto que o próprio ambiente ajuda a manter a temperatura constante, (Baú, 2015). Sendo este, o modelo Canadense que foi escolhido para a realização do projecto.

2.4.2. Funcionamento do biodigestor

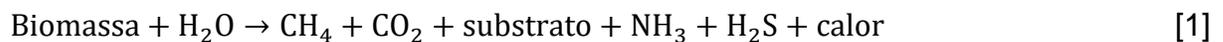
Segundo (Baú, 2015), o biodigestor é uma câmara anaeróbica que utiliza matéria orgânica, onde que por meio da acção de bactérias metanogénicas (responsáveis pela produção do dióxido de carbono e metano) é decomposto, podendo ser construído de alvenaria. Para que ocorra a fermentação e aceleração do processo é necessário que os dejectos sejam diluídos em água, sendo que o biodigestor não produz o biogás, mas proporciona as condições adequadas (para que as bactérias metanogénicas actuem sobre a biomassa) para a produção do biogás.

A vida útil do biodigestor depende do tipo de dejectos usados no processo de fermentação, em caso de serem dejectos de suínos o tempo de vida útil do sistema será de

15 (quinze) anos, isto porque ocorre a produção de gases corrosivos (ácido sulfídrico, dióxido de carbono e amoníaco) que danificam os equipamentos mais rápido do que os dejectos de outros animais (como o caso de dejectos do gado bovino em que o tempo de vida útil do sistema é de 20 (vinte) anos, por ter gases menos corrosivos), (Brasil, 2008).

2.5. Formação do biogás num biodigestor

O biogás é constituído por metano, dióxido de carbono, ácido sulfídrico, amónio e nitrogénio, (Oliveira, 2018). A representação da digestão anaeróbica pode ser feita pela equação 1, (Araújo, 2017).



Onde:

- Biomassa – É toda matéria orgânica de origem vegetal ou animal (como no caso deste projecto que são os dejectos de animais) usada para geração de energia química;
- H_2O – Água usada para dissolver a biomassa;
- CH_4 – Metano, resultante da reação de fermentação da biomassa dissolvida em água;
- CO_2 – Dióxido de carbono, resultante da reação de fermentação da biomassa dissolvida em água;
- Substrato – São sobras ou restos, resíduos do material orgânico apos o tratamento biológico.
- NH_3 – Amoníaco, resultante da reação de fermentação da biomassa dissolvida em água;
- H_2S – Ácido sulfídrico, resultante da reação de fermentação da biomassa dissolvida em água;
- Calor – Resultante do tipo de reação que é endotérmica, visto que a os produtos só ocorrem quanto há aumento de temperatura nos reagentes com vista à equilibrar a reação.

A formação deste gás (biogás) ocorre através da fermentação anaeróbica de dejectos de animais ou humanos, resíduos vegetais ou de lixo orgânico industrial ou residencial, sob condições adequadas de humidade, (Oliveira, 2018).

Geralmente esse gás pode ser encontrado na natureza, em locais onde a matéria orgânica sofre decomposição como em pântanos (Bairro Chiango e Costa de Sol), lamas escuras, aterros sanitários (como a lixeira de Hulene), e estações de tratamento de esgoto (como na estação de tratamento de águas residuais de Infulene e no estádio nacional do Zimpeto) na cidade de Maputo.

No biodigestor, a digestão ocorre em quatro fases: a hidrólise, a fermentação, a oxidação anaeróbica e a metanogénese (formação de metano), (Oliveira, 2018):

Onde:

- 1º - **Hidrólise** – Neste processo, o material orgânico é quebrado em pequenas moléculas para que os microrganismos sejam capazes de alimentarem-se, (Oliveira, 2018), dando origem aos compostos orgânicos simples, como aminoácidos, ácidos graxos.
- 2º - **Fermentação** – Continua ocorrendo a quebra dos componentes em moléculas ainda muito menores que anteriormente. É a fase em que ocorre a formação de ácidos orgânicos através a reação dos compostos orgânicos com oxigénio, onde são formados os ácidos orgânicos, como ácido acético, fórmico, álcoois, amoníaco, hidrogénio e dióxido de carbono, (Oliveira, 2018). Esta fase não realizada pelas bactérias anaeróbicas, e é importante porque cria um ambiente livre de oxigénio, que é essencial para as bactérias metanogénicas, (Nogueira, 1992).
- 3º - **Oxidação anaeróbica** ou **Acetogénese** – Ocorre a conversão do material degradado nas fases anteriores (em ácido acético (CH_3COOH), hidrogénio (H_2) e dióxido de carbono (CO_2)) pela acção das bactérias acetogénicas, (Oliveira, 2018).
- 4º - **Metanogénese** – Ocorre a formação do metano (CH_4). As bactérias metanogénicas são mais vulneráveis as interferências do que nas fases anteriores, sendo esta a última etapa, (Oliveira, 2018).

2.5.1. Factores que influenciam na produção de biogás

A metanogénese é a fase mais sensível e depende de alguns factores, podendo fazer com que a produção do biogás aumente ou diminua. Entre esses factores destacam-se a quantidade de matéria seca, pH, temperatura, período de fermentação, concentração de nutrientes, relação Carbono/Nitrogénio e substâncias tóxicas, (Oliveira, 2018).

a) Quantidade de Matéria Seca (MS)

Matéria seca é o que resta do material orgânico depois da evaporação do líquido. A biomassa utilizada para a produção de metano deve ter um valor inferior a 10% de matéria seca, isto é, para cada 100 litros de biomassa deve haver em média 8 kg (quilogramas) de matéria seca, (Oliveira, 2018).

b) Controle do pH

Segundo (Baú, 2015), o ponto óptimo de pH para que o sistema de decomposição não tenha interferência no papel desempenhado pelas bactérias anaeróbicas, o seu pH deve ser igual a 7,0, podendo ter uma variar no intervalo de 6,0 e 8,0.

c) Temperatura

A temperatura óptima (para actividade anaeróbica) está no intervalo de 25°C a 40°C. A produção de biogás tem maior rendimento com temperaturas que variam de 35°C a 37°C. Em casos de haver diminuição da temperatura ou grandes oscilações da mesma (temperatura), a produção de biogás reduz consideravelmente. Quando a temperatura atinge valores inferiores de 15°C (quinze graus célsius), há interrupção da produção do biogás. Sendo assim, é muito importante que o biodigestor seja construído de uma forma muito cuidadosa, de modo que exista no seu interior um isolamento térmico de modo que haja condições artificiais para manter a temperatura nas condições específicas, (Oliveira, 2018).

d) Tempo de Retenção Hidráulica / período de fermentação

O tempo de retenção hidráulica corresponde ao tempo em que as bactérias necessitam para digerir o material orgânico, (Oliveira, 2018).

Segundo (Baú, 2015) , o tempo de retenção hidráulica dos dejectos de bovinos e de suínos deve ser no mínimo de 35 (trinta e cinco) dias; para caprinos e ovinos 45 (quarenta e cinco) dias e para aves 60 (sessenta) dias. Logo após o início do enchimento do biodigestor com pequenas proporções de dejectos, dá-se início ao processo de produção do biogás logo nos primeiros dias, mesmo antes do cumprimento do tempo de retenção hidráulica.

e) Concentração de Nutrientes

Para que a produção do biogás seja óptimo é preciso saber o tipo de biomassa inserida no biodigestor assim como sua composição, pois é fundamental para garantir que no processo de fermentação exista um equilíbrio entre seus nutrientes, (Oliveira, 2018).

Alguns dos nutrientes (carbono e hidrogénio), presentes nos dejectos de animais são muito importantes visto que na sua composição deve conter a relação carbono/nitrogénio coerente com normas de produção de biogás (como mostra a tabela 2.1). Caso não seja cumprido o limite de hidrogénio ocorre a má formação do biogás, resultando em compostos nitrogenados como NH_3 (amónio), (Baú, 2015).

f) Relação Carbono/Nitrogénio (C/N)

A relação entre Carbono e Nitrogénio deve estar sempre equilibrada o que é fundamental para o máximo rendimento na produção de biogás. Esta proporção depende do tipo de biomassa a ser inserido no biodigestor. Para o caso do presente trabalho, considera-se o substrato sendo composto principalmente de dejectos suínos, sendo assim, pela Tabela 2.1, pode-se observar que o valor padrão para a relação C/N é 20, (Oliveira, 2018). A relação carbono/nitrogénio deve estar entre 20:1 e 30:1, (Passamani et. al, 2012).

Trabalho de Licenciatura

Tabela 2. 1:Relação entre Carbono e Nitrogénio (C/N) de diversos materiais

Material	Percentagem de nitrogénio (%N)	Relação C/N	Percentagem de carbono (%C)
Dejectos de bovinos	1,7	18	30,6
Dejectos de caprinos	3,8	22	83,6
Dejectos de suínos	3,8	20	76,0
Dejectos de aves	6,3	7,3	50,0
Dejectos (fezes) humanos	6,0	8	48,0
Feno (Capim)	4,0	12	48,0
Serragem (serradura)	0,11	431	47,5

Fonte: (Oliveira, 2018)

g) Substâncias tóxicas

São substâncias químicas ou matérias como o sabão (KOH ou NaOH), antibióticos e tabaco (CO, Nicotina(C₁₀H₁₄N₂), NH₃ e Formaldeído (H₂CO)) interferindo na sua digestão e comprometendo a produção de gás no digestor, (Oliveira, 2018). Tendo o conhecimento da quantidade das substâncias químicas presentes na matéria-prima, é possível encontrar os valores máximos que prejudicam a produção de biogás, na Tabela 2.2. Sendo que, somente é possível verificar os valores máximos diluindo a matéria-prima (ou seja, biomassa) em água, que será inserida no biodigestor, fazendo testes laboratoriais. Sendo quase impossível verificar os valores máximos das substâncias tóxicas, na comunidade visto que só podem ser feitas num laboratório especializado. É possível notar a presença de agentes tóxicos, conhecendo a composição da biomassa a ser inserida, através da queda de produção de biogás e pelo mau cheiro que é gerado (pelo biofertilizantes). E, se o material (biofertilizantes) estiver contaminado não pode ser usado na produção em larga escala de alimentos ou hortas quando se trata de pequenas comunidades, (Oliveira, 2018).

Tabela 2. 2: Substâncias químicas que prejudicam a produção de biogás

Substâncias químicas	Quantidade
Sulfatos	4994.3mg/l (miligramas por litro)
Cloreto de sódio	39954.4mg/l (miligramas por litro)
Cobre	100mg/l (miligramas por litro)
Cromo	100mg/l (miligramas por litro)
Níquel	200mg/l (miligramas por litro)
Amoníaco	1500mg/l (miligramas por litro)
Cálcio	2500mg/l (miligramas por litro)
Magnésio	1000mg/l (miligramas por litro)

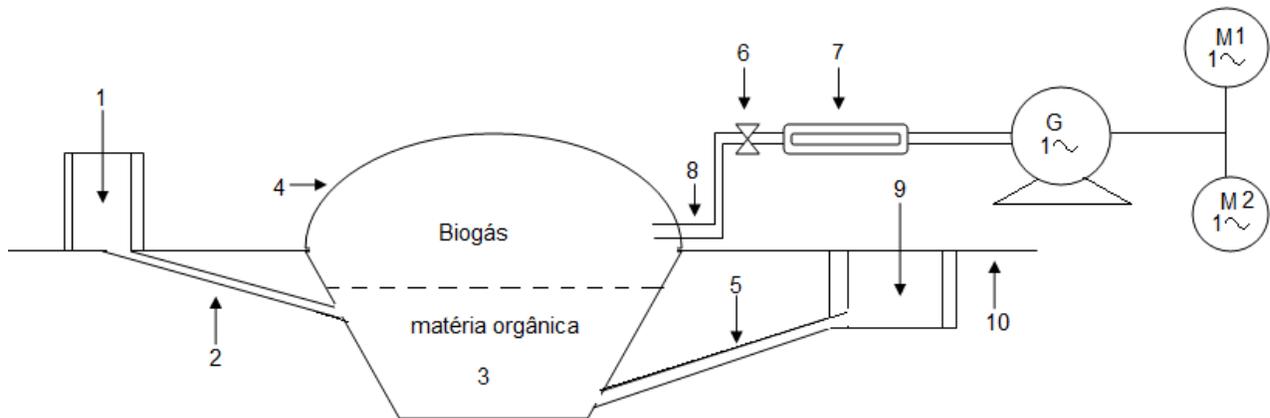
Fonte: (Oliveira, 2018)

h) Diluição com Água

Segundo (Baú, 2015), para que o processo de digestão aconteça adequadamente, a quantidade de água utilizada precisa estar em aproximadamente 90% (noventa por cento) do total de biomassa. O valor de diluição pode variar, vai depender da fonte da matéria (dejectos). Geralmente a proporção deve ser de 1:1 a 1:2 (quantidade de água para quantidade de dejectos). A falta de água pode causar problemas de entupimento da tubulação e o excesso também pode provocar variações no processo de hidrólise.

2.6. Constituição básica de uma central de biogás

Uma central a biogás é constituída por uma câmara de fermentação anaeróbica (biodigestor) que cria condições para a geração do gás; de máquina primária (que faz a conversão do biogás em energia mecânica (onde a energia química contida nas moléculas de biogás é convertida em energia mecânica por um processo de combustão)) e pelo gerador, que converte energia mecânica da máquina primária em energia eléctrica, (Baú, 2015).



Onde: **1**– Caixa de carga; **2**– Tubo de carga; **3**– Câmara de biodigestão; **4**– Gasómetro; **5**– Tubo de descarga; **6**– Válvula; **7**– filtro; **8**– Tubo de saída de biogás; **9**– Caixa de descarga; **10**– Nível de terreno; **G** – grupo gerador; **M1** – moageira 1; **M2** – moageira 2.

Figura 2. 7: Estrutura esquemática de uma central de biogás

Fonte: (Major, 2021)

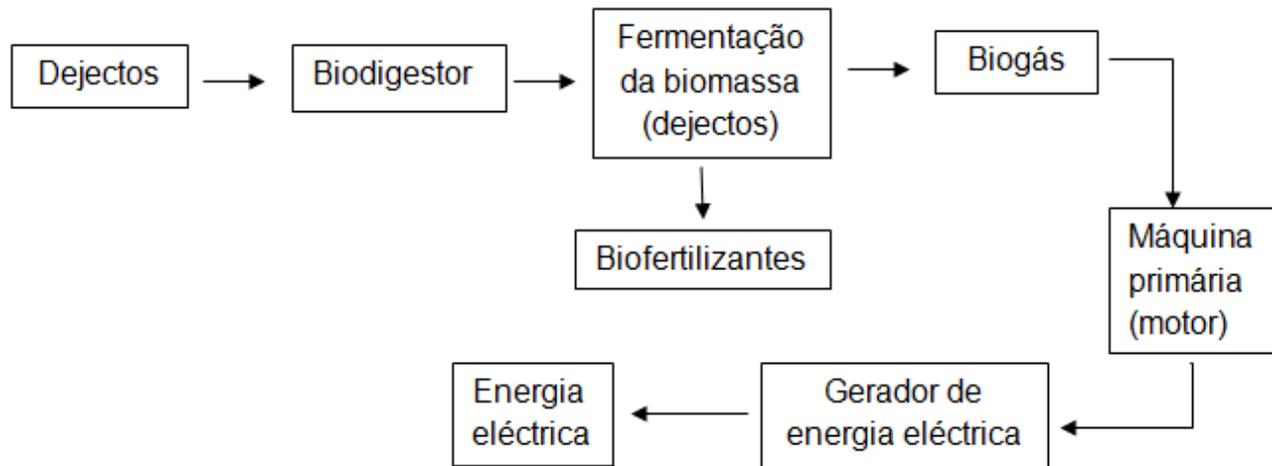


Figura 2. 8: Diagrama de conversão do biogás em energia eléctrica

Fonte: (Major, 2021)

A geração de energia eléctrica com recurso ao biogás como combustível divide-se em, (Baú, 2015).

- I. **Conjunto de gerador independente**
- II. **Conjunto de gerador compartilhado**
- I. **Conjunto de gerador independente**

Que consiste num motor de combustão interna de Ciclo Otto (gasolina) ou ciclo Diesel adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador de electricidade e é independente da rede de energia eléctrica da concessionária, (Baú, 2015).

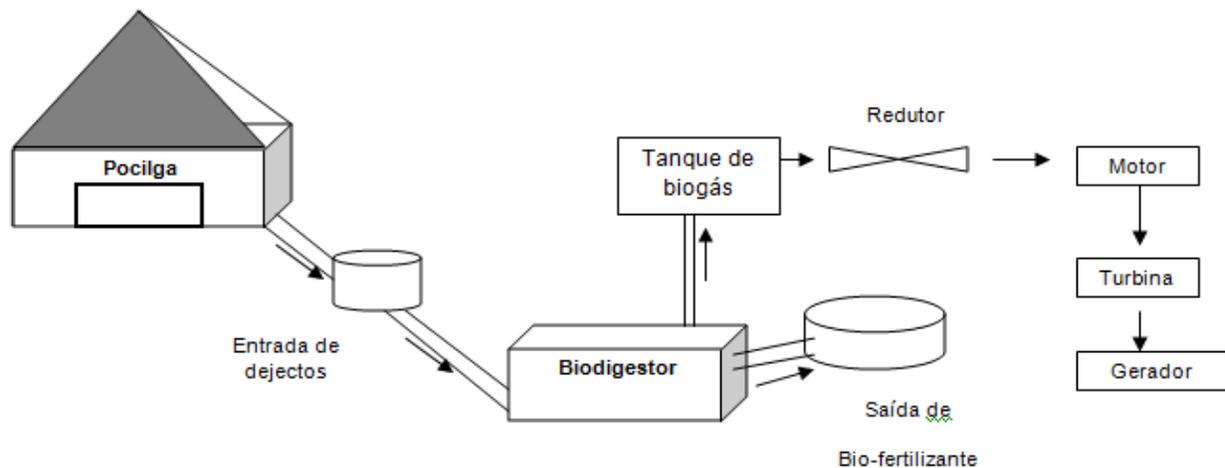


Figura 2. 9: Conjunto de geração de energia eléctrica independente da rede de distribuição

Fonte: (Major, 2021)

II. Conjunto de gerador compartilhado

Consiste em um motor de combustão interna (Ciclo Otto (gasolina) ou Ciclo Diesel) adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador síncrono, à rede de energia eléctrica da concessionária local para debitar a energia eléctrica excedente, (Baú, 2015).

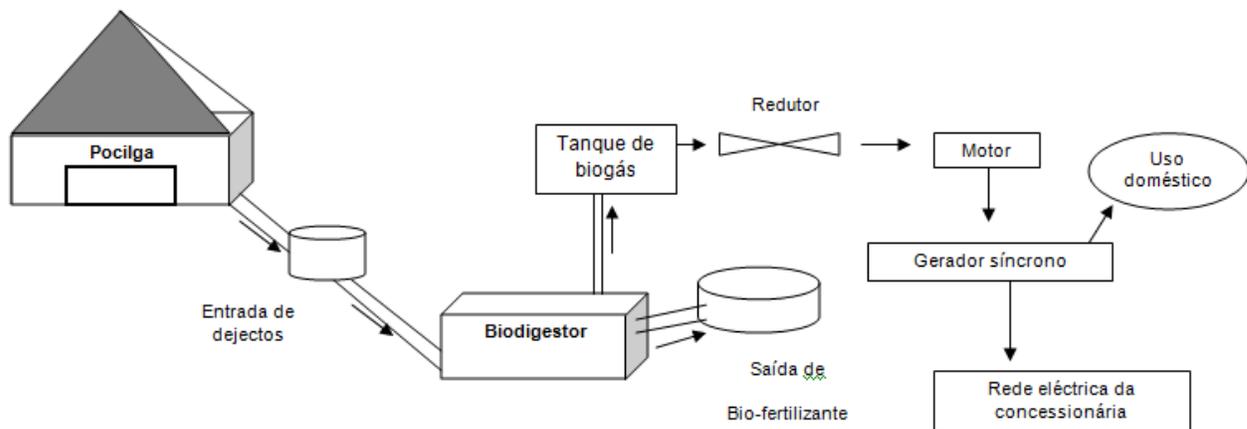


Figura 2. 10: Conjunto Gerador de energia eléctrica debitando na rede da concessionária

Fonte: (Major, 2021)

2.6.1. Motor de combustão interna

É uma máquina térmica onde a energia química do combustível transforma-se em energia mecânica, por meio da combustão da mistura do ar e combustível. Os motores podem ser classificados pela tipologia, podendo ser motores de ignição por faísca ou Otto e de ignição por compressão ou Diesel, e pelo tempo de ignição, de dois ou quatro tempos, (Passamani et. al, 2012).

É o equipamento mais utilizado para a queima do biogás, pelo facto de ser uma máquina simples, robusta e flexível. O motor Diesel (Ciclo Diesel), o ar é admitido na câmara de combustão e é comprimido até uma temperatura superior à de autoignição do combustível para que ocorra a combustão espontânea ao injectar-se o combustível. Actualmente os motores de combustão interna estão preparados para a queima do biogás com diferentes teores de metano, dióxido de carbono e ácido sulfídrico, visto que a eficiência do motor varia excessivamente de acordo com o teor de metano presente no biogás. A

geração de energia eléctrica é realizada pelo grupo gerador, acoplado directamente o motor de combustão interna, (Passamani et. al, 2012).

Na primeira etapa, admissão (do ar), na segunda etapa compressão (do ar), terceira etapa, expansão (dos gases de combustão), quarta etapa exaustão (dos gases de combustão), (Multipetro distribuidora de óleo diesel, 2018)

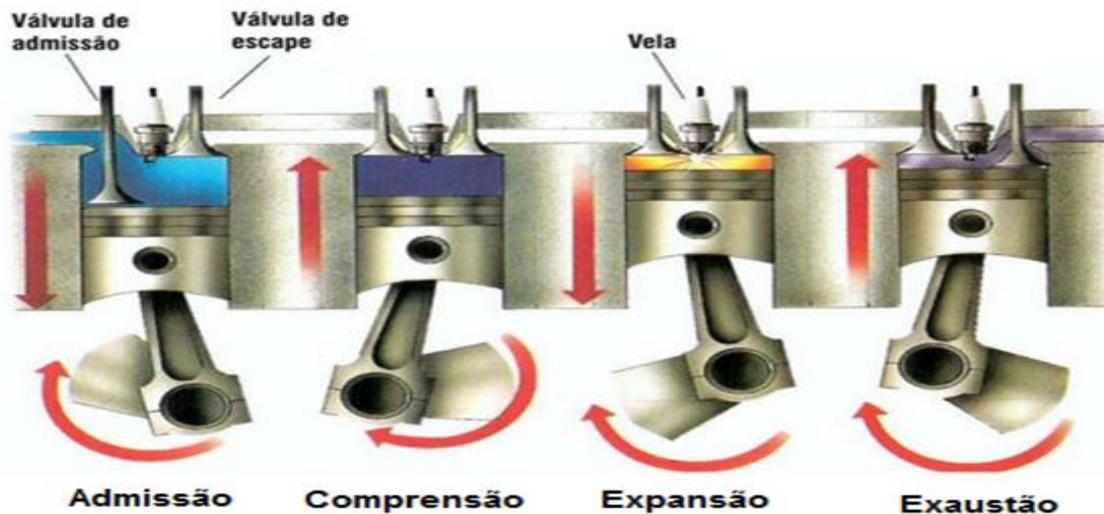


Figura 2. 11: Funcionamento do motor Diesel 4 tempos
Fonte: (Multipetro distribuidora de óleo diesel, 2018)

2.6.1.1. Purificação do biogás

Existem algumas substâncias presentes no biogás que podem comprometer sua aplicação, como a água, dióxido de carbono, ácido sulfídrico, entre outros, que tornam o processo de queima menos eficiente, pelo facto destas substâncias misturarem-se com o combustível e absorverem parte da energia calorífica gerada (proveniente da queima do biogás), fazendo com que a combustão seja incompleta e ocorra uma falha de alimentação, havendo uma consequente perda de potência mecânica e corrosão precoce, diminuindo o rendimento e a vida útil do motor, (Passamani et. al, 2012).

2.6.1.1.1. Substâncias que devem ser removidas de acordo com a aplicação do biogás

Tabela 2. 3: Substâncias químicas e o método de remoção

Impureza	Método	Detalhes
CO ₂	Adsorção	Carvão Activado ou Mistura de água com soda cáustica
H ₂ S	Adsorção	Carvão Activado ou Palha-de-aço

Fonte: (Oliveira, 2018)

CAPITULO III- ANÁLISE E DISCUSSÃO

3. Avaliação do poder energético do biogás em relação aos outros combustíveis

A produção do biogás fornece um combustível limpo, ou seja, não há emissão de gases de efeito estufa, e ocorre em simultâneo com a produção de adubo orgânico, que estimula e melhora a produção agrícola das pequenas comunidades, (Oliveira, 2018).

Quanto maior a concentração do dióxido de carbono no biogás menor é o seu poder calorífico. Segundo (Baú, 2015), o biogás é composto de metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂), cujo poder calorífico pode variar entre 5.000 a 7.000 kcal/m³.

Se removido o dióxido de carbono do biogás, o poder calorífico deste pode chegar a 12.000 kcal/m³ (doze mil quilo calorias por metro cúbico) um aumento de 71% (setenta e um por cento) em relação ao biogás bruto.

Abaixo está a Tabela 3.1 que apresenta a equivalência energética do biogás a cada metro cúbico, em relação aos outros combustíveis.

Tabela 3. 1: Equivalência energética de cada metro cúbico (1m³) de Biogás.

Combustível	Unidade	Quantidade equivalente (m³)
Gasolina	Litro (l)	0,613
Querosene	Litro (l)	0,579
Diesel	Litro (l)	0,553
GLP	Quilograma (kg)	0,454
Álcool	Litro (l)	0,790
Carvão mineral	Quilograma (kg)	0,735
Lenha	Quilograma (kg)	1,538

Fonte: (Baú, 2015)

3.1. Localização geográfica da área em estudo

O Distrito de Bárue, localiza-se a Noroeste da cidade de Chimoio na Província de Manica, limitado a norte pelo Distrito de Guro através do rio Mupha, a Oeste faz limite com a República do Zimbabwe, através do rio Kaeredzi, a sul pelo rio Punguè. O Distrito está dividido em três Postos administrativos (Catandica, Choa e Nhampassa), que por sua vez, estão subdivididos em sete localidades, incluindo a Vila municipal de Catandica onde está localizada a Sede do Distrito, com as coordenadas geográficas de longitude 33.1745097° e na latitude -18.0650446° . Sendo a vila de Catandica o local de implementação do projecto, no bairro de Guta que dista exactamente a 100km (quilómetros) de Vanduzi (Manica Makombe, 2009).

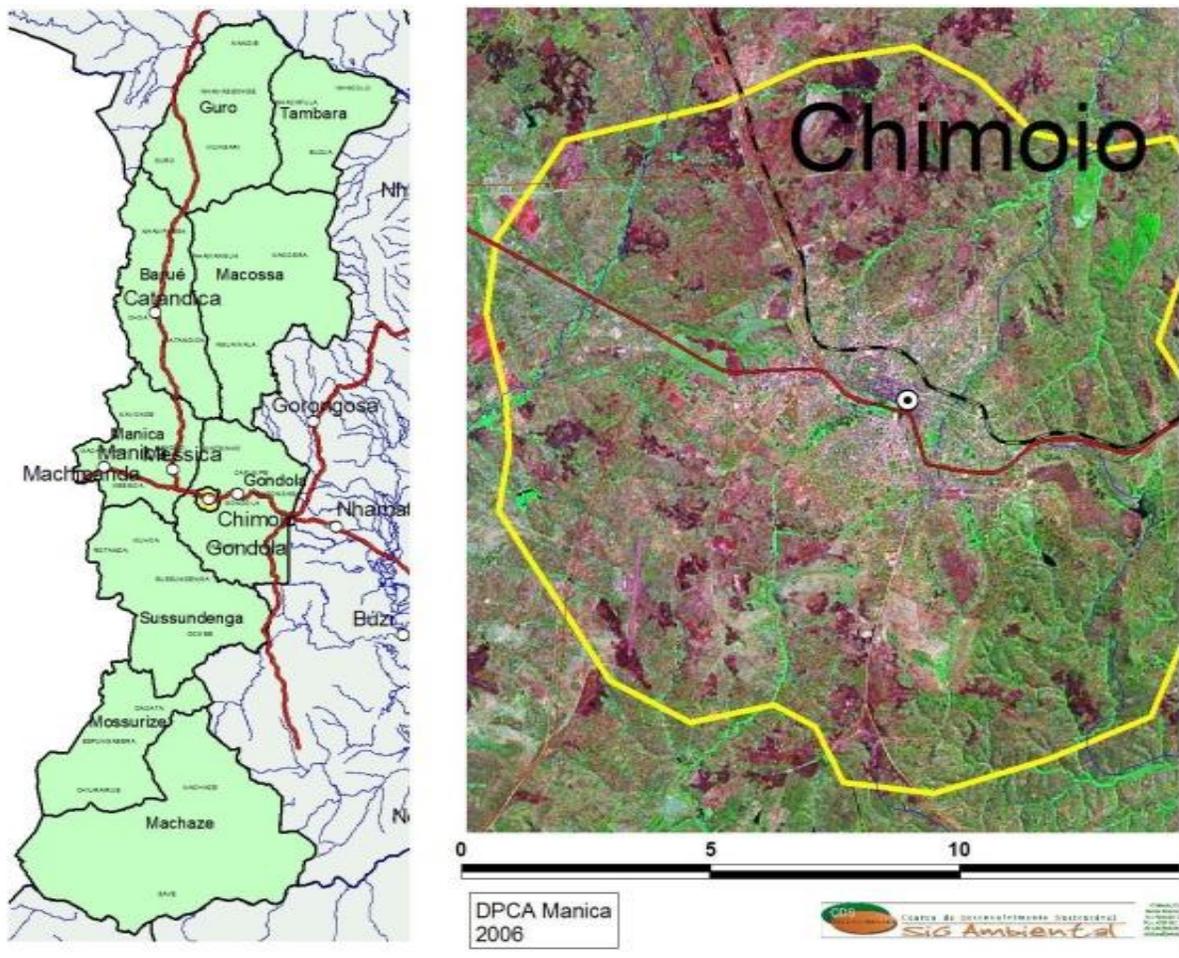


Figura 3. 1: Mapa da cidade de Chimoio

Fonte: (Ecoplan Consultores, 2009)

3.1.1. Dimensionamento do biodigestor do modelo canadense

Para o dimensionamento do biodigestor deve conhecer:

- Potencial de produção de biogás a partir dejectos de animais;
- Volume diário de carga de dejectos de animais;
- Quantidade de gás gerado diariamente.

Tabela 3. 2: Potencial de produção de biogás (P.P.B) a partir dejectos de animais

Espécie	m ³ de gás /kg de dejectos
Caprinos	0,04 – 0,061
Bovino de leite	0,04 – 0,049
Bovino de abate	0,04
Suínos	0,075 – 0,089
Frango de abate	0,090
Poedeiras	0,1
Codornizes	0,049

Fonte: (Baú, 2015)

O biogás fica armazenado na lona de PVC (Policloreto de vinilo) e este sai com pouca pressão da válvula de saída do gás, daí que o grupo gerador deve ser instalado a uma distância máxima de 50 (cinquenta) metros (tendo em conta que este grupo gerador deve ficar protegido e manter distâncias seguras em relação ao biodigestor), (Junqueira, 2014).

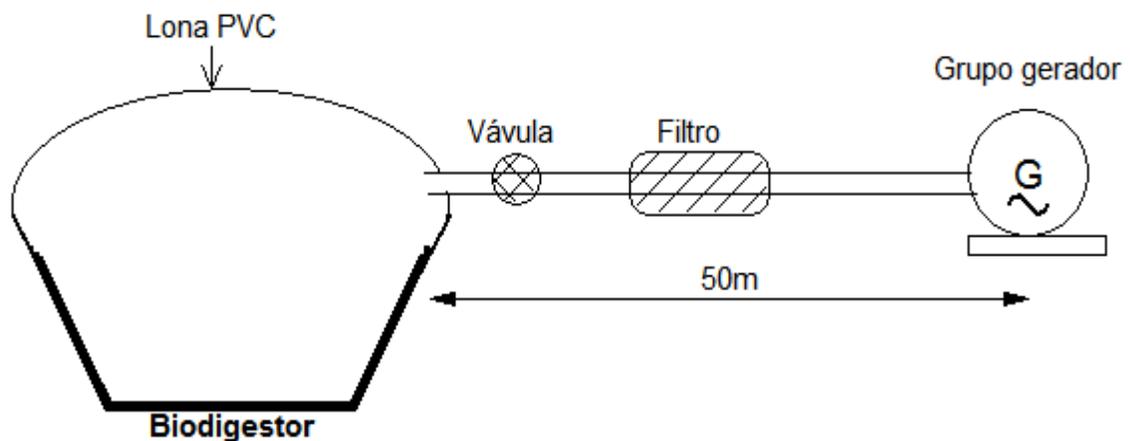


Figura 3. 2: Distância entre o grupo gerador e o biodigestor

Fonte: (Major, 2021)

Trabalho de Licenciatura

Segundo (Baú, 2015), para calcular a quantidade de gás disponível usa-se a seguinte equação (2) abaixo:

$$\text{Gás gerado/dia (m}^3\text{)} = (\text{quantidade/dia/animal(kg)}) \times (\text{numero de animais}) \times P.P.B) \quad [2]$$

Onde:

- *Gás gerado/dia (m³)* – É o gás gerado diariamente;
- *quantidade/dia/animal(kg)* – Compreende a quantidade de quilogramas de dejectos produzidos a cada dia por animal;
- *numero de animais* – O número de animais existentes;
- *P.P.B* – Potencial de produção de biogás produzido a cada quilograma de dejectos gerado.

Tabela 3. 3: Cálculo da carga diária de dejectos de animais

Animal	Dejectos por animal (kg/dia)	Quantidade de animais	Total de dejectos (kg/dia)	Relação de dejectos para água	Volume de água (l)	Volume de carga (dm ³ /dia)	Volume de carga (m ³ /dia)
	A	B	C=AxB	D	E=CxD	F=C+E	G=F/1000
Caprino	0.5	10	5	1:4	20	25	0,025
Bovino	15.0	2	30	1:1	30	60	0,06
Suíno	4.0	150	600	1:1	600	1200	1,2
Total							1,285

Fonte: (Junqueira, 2014)

Tabela 3. 4: Quantidade de gás gerado diariamente

Animal	Dejectos por animal (kg/dia)	Quantidade de animais	Total de dejectos (kg/dia)	Potencial de produção de biogás	<i>Gás gerado/dia (m³/dia)</i>
	A	B	C=AxB	P.P.B	
Caprino	0.5	10	5	0,04	0,2
Bovino	15.0	2	30	0,04	1,2
Suíno	4.0	150	600	0,075	45,0
Total					46,4

Fonte: (Junqueira, 2014)

Desta forma a carga diária será 1,285 m³ de substratos a serem adicionados no biodigestor. Segundo (Junqueira, 2014), para o cálculo do volume do biodigestor, utiliza-se a equação (3).

$$V_B = V_c \cdot x \cdot t \quad [3]$$

Onde:

V_B → Volume do biodigestor (m^3);

V_c → Volume de carga diária (solução de dejectos + água) (m^3 /dia);

t → Tempo de retenção hidráulica (dias).

$$V_B = V_c \cdot x \cdot t$$

$$V_B = 1,285 \times 35$$

$$V_B = 44,975 m^3$$

O 44,975 m^3 arredonda-se para 45 m^3 (quarenta e cinco metros cúbicos) será o valor padrão). Segundo (Junqueira, 2014), para o início dos cálculos das dimensões do biodigestor, atribui-se os valores (para o raio da bolsa plástica (r), a proporção de fase gasosa desejada (p) (onde (Junqueira, 2014), recomenda que se use 0,4) e o comprimento do biodigestor (l)), com a finalidade de obter-se um volume do biodigestor, que quando comparado (valor padrão de VB) seja maior ou igual ao encontrado acima.

$$r = 2,00m$$

$$p = 0,40$$

$$l = 4,00m$$

Sendo que (Junqueira, 2014), diz que a escolha do raio (r), não pode ultrapassar a altura da fossa, a proporção (p) foi escolhida conforme o máximo valor admitido para lona de PVC cheia de gás e o comprimento (l) é escolhido iterativamente otimizando as dimensões do biodigestor.

Trabalho de Licenciatura

Tabela 3. 5: Equações para cálculo das dimensões do Biodigestor canadense e sua resolução

Eq.	Formula	Descrição	Resolução
[4]	$P = C = 2\pi r$	P – Perímetro total da (lona e fossa). C – Circunferência redoma. r – Raio da redoma.	$r = 2,00m$ $P = C = \frac{2\pi \times 2}{2}$ $P = C = 6,283m$
[5]	$A\% = 0,621p^2 - 0,042p + 0,352$	A% – Percentagem do perímetro transversal destinado ao arco p – Constante de proporção da fase gasosa conforme ao valor máximo admitido para lona de PVC cheia de gás ($p \leq 0,4$)	$A\% = 0,621x(0,4)^2 - 0,042x(0,4) + 0,352$ $A\% = 0,43456 = 43,456\%$
[6]	$b = \left(-\frac{1}{3}A\% + \frac{1}{3}\right) \times P$	b – Base ou largura menor da fossa	$b = \left(-\frac{1}{3} \times 0,43456 + \frac{1}{3}\right) 12,566$ $b = 2,3684m$
[7]	$a = 1,618 \times b$	a – Largura maior da fossa	$a = 1,618 \times 2,3684 = 3,832m \approx 4m$
[8]	$h = 0,951 \times b$	h – Profundidade da fossa	$h = 0,951 \times 2,3684 = 2,252m$
[9]	$A_f = 0,4755(a + b) \times b$	A_f – Área transversal da fossa	$A_f = 0,4755(4 + 2,3684) \times 2,3684$ $A_f = 7,1719m^2$
[10]	$A_t = \frac{A_f}{1 - p}$	A_t – Área total transversal da fossa e também área transversal da campana (lona)	$A_t = \frac{7,1719}{1 - 0,4}$ $A_t = 11,953m^2$
[11]	$A_g = A_t - A_f$	A_g – Área destinada ao gás	$A_g = 11,953 - 7,1719$ $A_g = 4,7813m^2$
[12]	$V_t = A_t \times l$	V_t – Volume total do biodigestor (lona em forma semicircular e gás) l – Comprimento do biodigestor	$V_t = 11,953 \times 4$ $V_t = 47,812m^3$
[13]	$V_f = A_f \times l$	V_f – Volume total da fossa	$V_f = 7,1719 \times 4$ $V_f = 28,7m^3$
[14]	$V_g = A_g \times l$	V_g – Volume total do gás	$V_g = 4,7813 \times 4$ $V_g = 19,1m^3$

Fonte: (Junqueira, 2014)

Segundo (Junqueira, 2014), a caixa de entrada de dejectos deve ter um volume igual ou superior ao da carga diária ($1,285 \text{ m}^3$), nesse caso a caixa será de $1,4 \text{ m}^3$. E a caixa de saída deve ter volume igual a três vezes o volume da caixa de entrada, a fim de conseguir conter possíveis acúmulos de biofertilizantes, ou seja terá um volume de $(1,285 \times 3) 4 \text{ m}^3$.

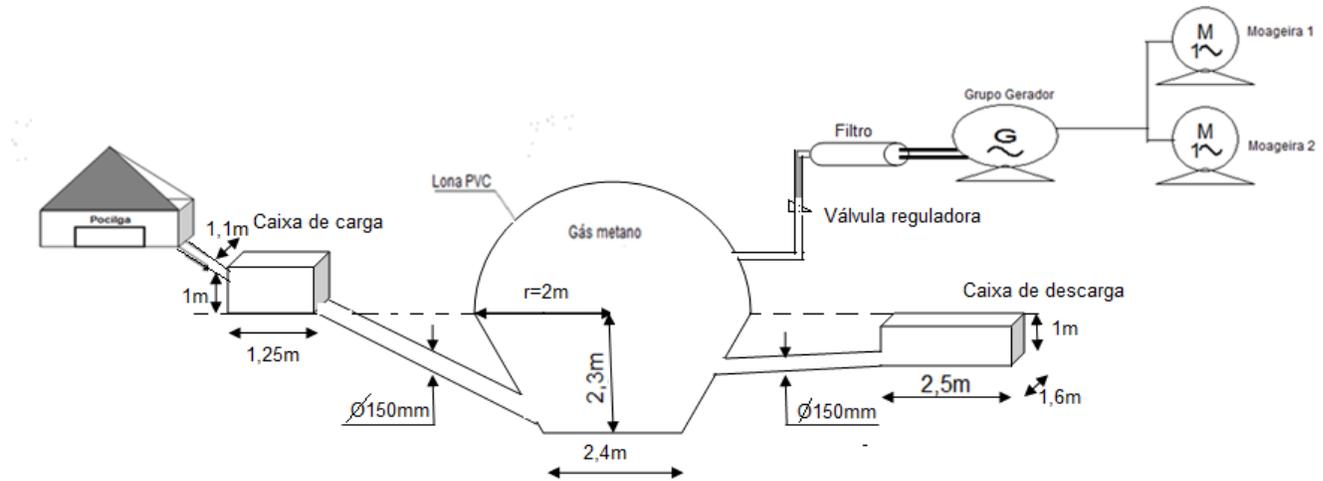


Figura 3. 3: Dimensões do biodigestor

Fonte: (Major, 2021)

3.1.1.1. Instalação do biodigestor

Os passos necessários para a instalação do biodigestor são os seguintes, (Junqueira, 2014):

- Fazer a cova para o digestor e outra para a caixa de saída, com as medidas definidas no projecto de dimensionamento e fazer a construção do mesmo em alvenaria,
- Colocar tubos e colar as bordas da lona no biodigestor;
- Após a construção da fossa do biodigestor, e a inserção dos tubos, segue-se a fase de cobrir o mesmo e selar (água) de modo que futuramente não haja o escape do biogás;
- Instalar a tubulação de biogás;

3.1.1.2. Operação do biodigestor

Segundo (Junqueira, 2014), a operação diária do biodigestor deve seguir os seguintes passos:

- Manter os animais presos na pocilga (suínos) e no curral (bovinos) e colectar os dejectos pela manhã e depositar na caixa de entrada do biodigestor;
- Iniciar o enchimento do biodigestor;
- Adicionar água em proporção correcta, de acordo com o tipo de dejecto utilizado;
- Misturar e empurrar os dejectos para o biodigestor, através da caixa de carga;
- Retirar o substrato da caixa de descarga;

3.1.2. Selecção do grupo gerador

Para a selecção do grupo gerador deve-se verificar as cargas (equipamentos) existentes, que dependem de electricidade para seu funcionamento. Na Associação Batsirini Arombo estão presentes dois motores monofásicos de 2,2kW de potência para o accionamento das duas moageiras existentes.



Figura 3. 4: Operador da moageira e a senhora na moagem de milho.

Fonte: (Comunitárias, 2017)

A direita: Imagem ilustrativa da moageira existente na associação.

Fonte: (buy.co.mz)

Trabalho de Licenciatura

Segundo (Buffalo motores & acoplados, 2009) afirma que todo equipamento eléctrico tem um pico de arranque, sendo que é a energia necessária para o arranque do motor e esse pico varia da forma como o motor se encontra acoplado. Para caso de motores eléctricos por indução ou motores de indução (furadora, ventilador, trituradores), acoplados directamente tem o pico de arranque que é 3 (três) vezes a sua potência nominal. E os motores eléctricos acoplados em compressão ou motores de compressão (congeladores, compressores de ar) tem o pico de arranque que é 5 (cinco) vezes a potência nominal.

Tabela 3. 6: Cálculo da potência de arranque dos motores de acionamento das moageiras (Dados adaptados do Anexo 1)

Equipamento	Quantidade	Potencia activa e aparente	Potência de arranque
Motor monofásico de acionamento da moageira de milho de 3 Cv	1	$P_{nominal} = 2,2kW$ $S_{nominal} = \frac{P_{nom}}{fp}$ $S_{nominal} = \frac{2,2}{0,94}$ $S_{nominal} = 2,34 kVA$	$P_{arranque} = 3 \times P_{nom}$ $P_{arranque} = (3 \times 2,2)$ $P_{arranque} = 6,6kW$ & $S_{arranque} = 3 \times S_{nom}$ $S_{arranque} = (3 \times 2,34)$ $S_{arranque} = 7,021kVA$
Motor monofásico de acionamento da moageira de mapirra de 3Cv	1	$P_{nominal} = 2,2kW$ $S_{nominal} = \frac{P_{nom}}{fp}$ $S_{nominal} = \frac{2,2}{0,94}$ $S_{nominal} = 2,34 kVA$	$P_{arranque total} = P_{arran} \times 2$ $P_{arranque total} = 12,6kW$ & $S_{arranque total} = 2 \times S_{arran}$ $S_{arranque total} = 14,042kVA$
Total	2	$P_{nominal} = 4,4kW$ & $S_{nominal} = 4,68 kVA$	

Fonte: (Major, 2021)

Referir que os dois motores raramente arrancam ao mesmo tempo, daí que é usado apenas a potência de arranque de uma moageiras sobre o risco de sobre dimensionar o grupo gerador. Sendo que a potência máxima entregue pelo grupo gerador deve ser igual a potência de arranque da moageira. E a sua potência nominal deve ser superior ao somatório de todas as potências nominais das cargas existentes na instalação.

$$P_{total} = \sum P_{nominais\ das\ cargas} \quad [15]$$

$$P_{total} = P_{moageira} + P_{iluminação}$$

$$P_{total} = (2 \times 2,2) + (0,015 \times 2) = 4,43kW$$

Trabalho de Licenciatura

O grupo gerador deve ter uma potência máxima de 6,6kW (7,021kVA) de modo que durante o arranque do motor monofásico de accionamento, (Junqueira, 2014) não ocorra um sobreaquecimento deste, ou até mesmo alto consumo de óleo lubrificante que culminará com o aumento do fumo durante a queima do combustível, prejudicando assim performance do grupo gerador. Daí que o grupo gerador escolhido foi de modelo YKS-8500ES, na figura 3.5.



Figura 3. 5: Grupo gerador de modelo YKS-8500ES

Fonte: (Youkai power, 2015)

Tabela 3. 7: Especificações do grupo gerador de modelo YKS-8500ES

Grupo Gerador		
1	Potência máxima de saída	7/7,5 kVA
2	Potência mínima de saída	6,5/7 kVA
3	Frequência	50/60Hz
4	Nível de áudio	72dBA a 7metros
5	Capacidade do tanque de combustível	16litros
6	Tempo de funcionamento contínuo	10horas
7	Velocidade	3000rpm
8	Tensão de saída	230 Volt (monofásico)
9	Dimensões (cumprimento e largura)	88x75mm
10	Arrefecimento	Ar-fresco
11	O consumo de combustível	280g/kWh
12	Capacidade de óleo	1,65litros

Fonte: (Youkai power, 2015)

Trabalho de Licenciatura

Não seleccionou-se o grupo gerador que tem como combustível o biogás, por este não existir a venda no mercado nacional e também pelo seu alto valor de aquisição no mercado internacional. (Junqueira, 2014), aconselha a utilizar um filtro de biogás antes da alimentação ao grupo gerador, de modo a evitar a oxidação e o conseqüente envelhecimento adiantado do motor.

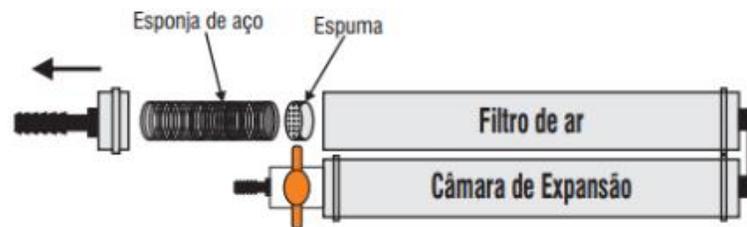
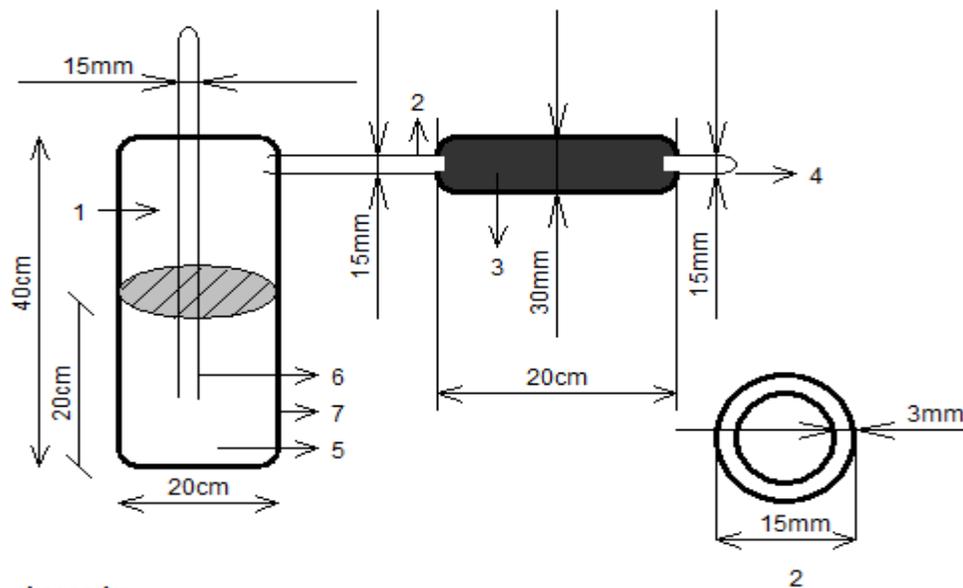


Figura 3. 6: Filtro de biogás industrial

Fonte: (Junqueira, 2014)



Legenda:

- 1 - Metano (CH₄) e ácido sulfídrico (H₂S)
- 2- Tubo de saída de CH₄ e H₂S
- 3- Filtro de H₂S (camadas de palha de açono interior)
- 4 - Saída do metano (CH₄)
- 5 - Água + soda caustica ou água da chuva
- 6 - Entrada do biogás
- 7 - Filtro de dióxido de carbono (CO₂)

Figura 3. 7: Filtro artesanal de biogás

Fonte: (Major, 2021)

Tabela 3. 8: Equivalências de combustíveis ao biogás

Combustível	Quantidade equivalente em 1m ³ de biogás	Quantidade equivalente em 46,4m ³ de biogás
Gasolina	0,613l	28,44 l
Diesel	0,553 l	25,7 l
Lenha	1,538 kg	71,4 kg

Fonte: (Baú, 2015)

3.1.3. Composição do Diesel

Segundo (Junqueira, 2014) , para saber a equivalência do Diesel em relação ao biogás deve-se comparar 1l (um litro) de Diesel com 1 m³ de biogás (que tem o poder calorífico inferior de 20 MJ/kg). Onde que a quantidade do biogás diariamente (46,4m³ por dia) produzido equivale a 25,7 litros de Diesel.

Tabela 3. 9: propriedades típicas de biogás de biodigestor

Características	Unidade	Biogás de biodigestor
Poder calorífico inferior	MJ/kg	20
Densidade	Kg/Nm ³	1,1

Fonte: (Okamura, 2013)

A densidade do Diesel é de cerca de 0,853kg/l, e cada litro quando queimado oferece um valor energético de 43,888 MJ/kg, com uma massa específica de 820 a 880 kg/m³, (Pedrolo, 2006). Como o grupo gerador consome 16 litros de combustível numa operação de 10 horas. Pelo facto do biogás ter menor poder calorífico em relação ao Diesel, é necessário fazer uma compensação de modo que não falte combustível durante a operação do grupo gerador.

Assim sendo:

$$\text{Compensação de poder calorífico} = 43888 - 20000 \quad [16]$$

$$\text{Compensação de poder calorífico} = 23888 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Aplicando a regra de três simples:

$$\begin{array}{lcl} 1\text{m}^3 \text{ de biogás} & \rightarrow & 0,553 \text{ litros de diesel} \\ \text{Quantidade de biogás} & \rightarrow & 16 \text{ litros de diesel} \end{array}$$

Trabalho de Licenciatura

Assim sendo:

$$\text{Quantidade de biogás} = \frac{16 \text{ litros} \times 1 \text{ m}^3 \text{ de biogás}}{0,553 \text{ litros de diesel}} \quad [17]$$

$$\text{Quantidade de biogás} = 28,933 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

Compensando o baixo poder calorífico com o aumento de combustível biogás, tem-se:

$$1 \text{ litro de diesel} \quad \rightarrow \quad 43888 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Quantidade de litros a compensar} \rightarrow 23888 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

$$\text{Quantidade de litros para compensar} = \frac{23888 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \times 1 \text{ litro de diesel}}{43888 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}} \quad [18]$$

$$\text{Quantidade de litros para compensar} = 0,5443 \text{ litros de diesel}$$

Equivalente a:

$$1 \text{ m}^3 \text{ de biogás} \quad \rightarrow \quad 0,553 \text{ litros de diesel}$$

$$\text{Quantidade de biogás para compensar o Diesel} \rightarrow 0,5443 \text{ litros de diesel}$$

$$\text{Quantidade de biogás para compensar o Diesel} = \frac{0,5443 \times 1 \text{ m}^3 \text{ de biogás}}{0,553 \text{ litros de diesel}} \quad [19]$$

$$\text{Quantidade de biogás para compensar o Diesel} = 0,9843 \text{ de biogás}$$

Em seguida é feito o somatório da quantidade total do biogás (equivalente a 16 litros de Diesel para uma operação de 10 horas) com a quantidade do biogás de compensação.

$$\text{Quantidade de biogás}_{\text{total}} = 28,933 \text{ m}^3 \text{ de biogás} + 0,9843 \text{ m}^3 \text{ de biogás} \quad [20]$$

$$\text{Quantidade de biogás}_{\text{total}} = 29,9173 \text{ m}^3 \text{ de biogás}$$

A quantidade do biogás necessário para abastecer o grupo gerador por 10 horas diariamente é $29,9173 \text{ m}^3$ (equivalente a 16,544 litros de Diesel), visto é um valor menor em relação a quantidade produzida diariamente de $46,4 \text{ m}^3$ (equivalente a 25,7 litros de Diesel, restando uma margem de 9,34 litros).

3.1.4. Canalização

3.1.4.1. Cabo alimentador e protecção

Usando os dados da tabela da (WEG, 2005) do anexo C1 como dados nominais do motor monofásicos para o acionamento da moageira.

Dados:

$$P_{\text{nom}} = 2,2\text{kW}$$

$$\eta = 78,5\%$$

$$U_{\text{nom}} = 220\text{V}$$

$$f_p = 0,94$$

O cabo alimentador deve ter um comprimento de máximo de 50 metros, sendo composto por 3 condutores enterrados com alma condutora de cobre não estanhado, considerando uma temperatura ambiente de 35°C.

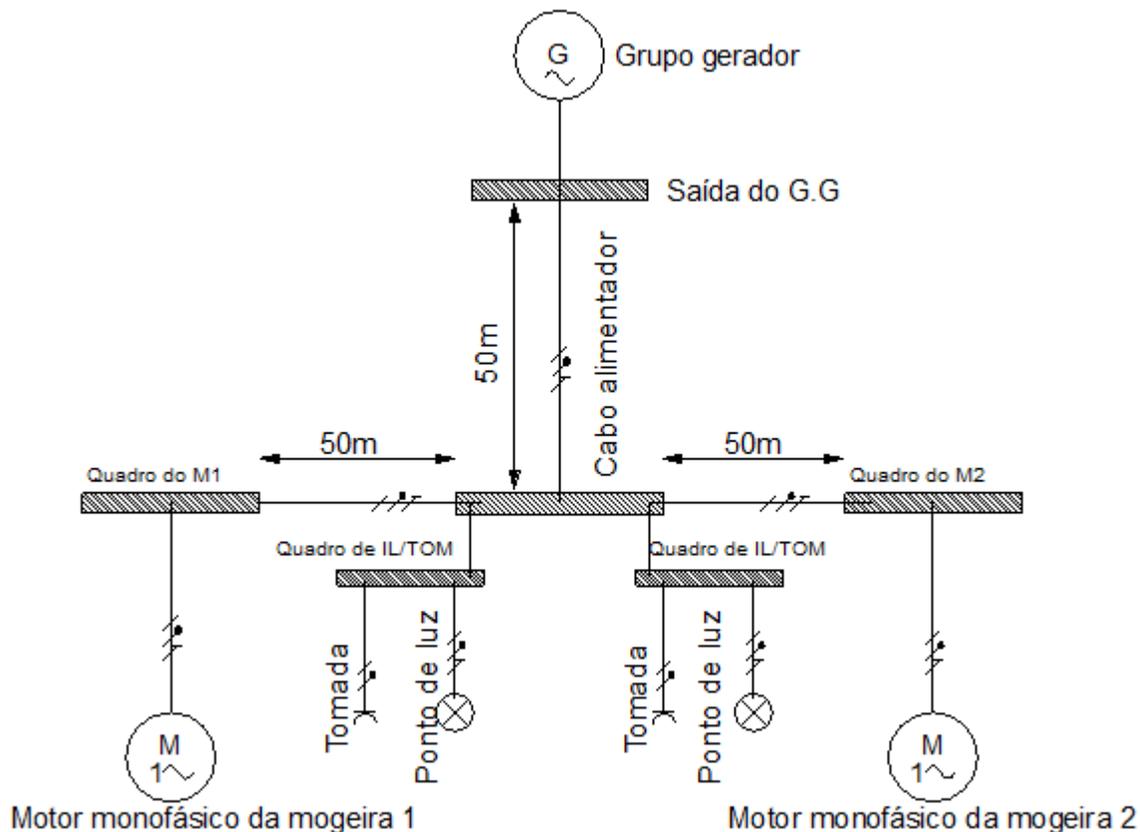


Figura 3. 8: Esquema de geral

Desenhado no ProfiCAD Home

Fonte: (Major, 2021)

3.1.4.1.1.1. Secção do cabo alimentador, (ALMEIDA, 2001):

A corrente absorvida pelos dois motores:

$$I_s = 2 \times \left(\frac{P_U}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta} \right) = 2 \times \left(\frac{2,2 \text{ kW}}{220 \times 0,94 \times 0,785} \right) = 2 \times 13,552 \text{ A} = 27,1 \text{ A} \quad [21]$$

a) Corrente fictícia

$$I_{\text{fict}} = \frac{I_s}{\beta \times \gamma} \quad [22]$$

$$I_{\text{fict}} = \frac{27,1}{0,82 \times 0,8}$$

$$I_{\text{fict}} = 41,31 \text{ A}$$

b) Corrente máxima da canalização da canalização e secção do cabo alimentador

$$I_{\text{max}} \geq I_{\text{fict}} \rightarrow I_{\text{max}} \geq 41,31 \text{ A} \quad [23]$$

Através da Tabela 1 (intensidades admissíveis em cabos de tensão nominal 0,8/1,2kV), obteve-se a secção mínima permitida, (ALMEIDA, 2001). (**Vide Anexo 2**)

$$S = 4 \text{ mm}^2 \quad I_{\text{max}} = 45 \text{ A}$$

O factor de correcção para a temperatura (Tabela 7) é, (ALMEIDA, 2001): (**Vide Anexo 3**)

$$\gamma = 0,82$$

O factor de correcção relativo ao local (Tabela 4) é (ALMEIDA, 2001): (**Vide Anexo 4**)

$$\beta = 0,80$$

Então a corrente máxima admissível na canalização é (ALMEIDA, 2001):

$$I_z = I_{\text{max}} \times \gamma \times \beta \quad [24]$$

$$I_z = 45 \times 0,82 \times 0,80$$

$$I_z = 29,52 \text{ A}$$

A secção $S = 4\text{mm}^2$ serve perfeitamente como a corrente de serviço é 27,1 A.

c) Verificação dos limites de quedas de tensão permitidos

Para a resistividade do cabo de cobre não estanhado, consultou-se a Tabela 8 (ALMEIDA, 2001): **(Vide Anexo 5)**

$$r = 4,56\Omega/\text{km}$$

A percentagem da queda de tensão do circuito é, (ALMEIDA, 2001):

$$\Delta U\% = \frac{1,06}{10U} \times r \times l \times I \times \cos \varphi = \frac{1,06}{10 \times 220} \times 4,56 \times 50 \times 27,1 \times 0,94 = 2,05\% \quad [25]$$

Como o valor da queda de tensão satisfaz a condição imposta pelo RSIUEE (da queda de tensão menor que 5%).

O cabo escolhido é do tipo **VV 3 × 4 – 0,8/1,2** (com isolamento de policloreto de vinilo e duas bainhas do mesmo material).

Cujos condutores isolados devem ser identificados da seguinte forma:

- **Fase:** castanho ou vermelho
- **Neutro:** azul claro ou preto
- **Terra:** verde ou verde-amarelo

3.1.4.1.1.2. Cálculo do tempo de corte da corrente de curto-circuito (I_{cc}), pelo aparelho de protecção

Segundo (ALMEIDA, 2001), considera-se a resistência a montante (R_m) igual a 0,18Ω.

a) Cálculo da resistência do cabo, (ALMEIDA, 2001).

Da tabela 8 para $S = 4\text{mm}^2$ tem uma resistência de $r_{20^\circ\text{C}} = 4,56\Omega/\text{km}$ e $\alpha = 0,004^\circ\text{C}^{-1}$

A resistência do cabo:

$$R_{C\ 20^\circ\text{C}} = \frac{2 \times r_{20^\circ\text{C}} \times l}{1000} = \frac{2 \times 4,56 \times 50}{1000} = 0,456\Omega \quad [26]$$

Corrigido para 35°C:

$$R_{C\ 35^\circ\text{C}} = R_{C\ 20^\circ\text{C}} [1 + \alpha (t_f - t_i)] = 0,456 [1 + 0,004(35 - 20)] = 0,4834\Omega \quad [27]$$

A resistência total R_T :

$$R_T = R_m + R_C = 0,18 + 0,4834 = 0,6634\Omega \quad [28]$$

Tem-se a corrente de curto-circuito:

$$I_{cc} = \frac{U_C}{R_T} = \frac{220}{0,6634} = 331,62A \quad [29]$$

O artº 580 do RSIUEE, o k é igual a 115 para cabos com alma de cobre e isolados a PVC, a canalização suporta I_{cc} , durante:

$$t = \left(k \times \frac{S}{I_{cc}}\right)^2 = \left(115 \times \frac{4}{331,62}\right)^2 = 1,387s \quad [30]$$

Onde:

t → Tempo de corte do aparelho de protecção, expresso em segundos (o tempo de corte não deverá ser superior a 5 s);

k → Constante cujo valor varia de acordo com a alma condutora e o tipo de isolamento;

S → Secção nominal dos condutores, expressa em milímetros quadrados;

I_{cc} → Corrente de curto-circuito mínima;

O tempo de actuação do aparelho de protecção a ser escolhido deve ser menor que o tempo de suporte da corrente de curto-circuito.

b) Selecção do disjuntor geral

O artº 577 do RSIUEE no número 2, aconselha que seja empregue um disjuntor de intensidade nominal de 40 A do tipo sem regulação ou um disjuntor de intensidade nominal tal que permita a regulação para uma intensidade de funcionamento de 40 A.

3.1.4.1.1.3. Secção de cabos de alimentação dos motores, (ALMEIDA, 2001):

Segundo (ALMEIDA, 2001), escolha a secção adequada dos condutores do cabo atendendo ao art.º 426 do RSIUEE no número 1, impõe que as secções mínimas: 1,5 mm² para circuitos de iluminação ou outros usos e 2,5 mm² para circuitos de força motriz ou climatização.

O cabo alimentador deve ter comprimento de 50m composto por 3 condutores enterrados com alma condutora de cobre não estanhado, considerando uma temperatura ambiente de 35°C.

A corrente absorvida por cada motor:

$$I_s = \left(\frac{P_U}{\sqrt{3} \times U_n \times \cos \varphi \times \eta} \right) = \left(\frac{2.2\text{kW}}{220 \times 0,94 \times 0,785} \right) = 13,552\text{A} \quad [31]$$

a) Corrente fictícia

$$I_{\text{fict}} = \frac{I_s}{\beta \times \gamma} \quad [32]$$

$$I_{\text{fict}} = \frac{13,552}{0,82 \times 0,8}$$

$$I_{\text{fict}} = 20,66\text{A}$$

b) Corrente máxima da canalização da canalização e secção do cabo

$$I_{\text{max}} \geq I_{\text{fict}} \rightarrow I_{\text{max}} \geq 20,66\text{A} \quad [33]$$

Através da Tabela 1 (intensidades admissíveis em cabos de tensão nominal 0,8/1,2kV), obteve-se para a secção mínima permitida, (ALMEIDA, 2001). (**Vide Anexo 2**)

$$S = 2,5\text{mm}^2 \quad I_{\text{max}} = 35\text{A}$$

O factor de correcção para a temperatura (Tabela 7) é, (ALMEIDA, 2001): (**Vide Anexo 3**)

$$\gamma = 0,82$$

O factor de correcção relativo ao local (Tabela 4) é (ALMEIDA, 2001): (**Vide Anexo 4**)

$$\beta = 0,80$$

Então a corrente máxima admissível na canalização é (ALMEIDA, 2001):

$$I_z = I_{\text{max}} \times \gamma \times \beta \quad [34]$$

$$I_z = 35 \times 0,82 \times 0,80$$

$$I_z = 22,96\text{A}$$

A secção $S = 2,5\text{mm}^2$ serve perfeitamente como a corrente de serviço é 13,552 A.

c) Verificação dos limites de quedas de tensão permitidos

Para a resistividade do cabo de cobre não estanhado, consultou-se a Tabela 8 (ALMEIDA, 2001): (Vide Anexo 5)

$$r = 7,28\Omega/\text{km}$$

A percentagem da queda de tensão do circuito é, (ALMEIDA, 2001):

$$\Delta U\% = \frac{1,06}{10U} \times r \times l \times I \times \cos \varphi = \frac{1,06}{10 \times 220} \times 7,28 \times 50 \times 13,552 \times 0,94 = 2,234\% \quad [35]$$

Valor da queda de tensão satisfaz a condição imposta pelo RSIUEE (da queda de tensão menor que 5%).

Cada motor será alimentado com um cabo do tipo **VV 3 × 2,5 – 0,8/1,2** (com isolamento de policloreto de vinilo e duas bainhas do mesmo material).

3.1.4.1.1.4. Cálculo do tempo de corte da corrente de curto-circuito (I_{cc}), pelo aparelho de protecção

Segundo (ALMEIDA, 2001), considera-se a resistência a montante (R_m) igual a 0,18Ω.

c) Cálculo da resistência do cabo, (ALMEIDA, 2001).

Da tabela 8 para $S = 2,5\text{mm}^2$ tem uma resistência de $r_{20^\circ\text{C}} = 7,28\Omega/\text{km}$ e $\alpha = 0,004^\circ\text{C}^{-1}$

A resistência do cabo é

$$R_{C\ 20^\circ\text{C}} = \frac{2 \times r_{20^\circ\text{C}} \times l}{1000} = \frac{2 \times 7,28 \times 50}{1000} = 0,728\Omega \quad [36]$$

Corrido para 35°C

$$R_{C\ 35^\circ\text{C}} = R_{C\ 20^\circ\text{C}} [1 + \alpha (t_f - t_i)] = 0,728 [1 + 0,004(35 - 20)] = 0,7717\Omega \quad [37]$$

A resistência total R_T

$$R_T = R_m + R_C = 0,18 + 0,7717 = 0,9517\Omega \quad [38]$$

A corrente de curto-circuito

$$I_{cc} = \frac{U_C}{R_T} = \frac{220}{0,9517} = 231,165A \quad [39]$$

O artº 580 do RSIUEE, o k é igual a 115 para cabos com alma de cobre e isolados a PVC, a canalização suporta I_{cc} , durante:

$$t = \left(k \times \frac{S}{I_{cc}}\right)^2 = \left(115 \times \frac{2,5}{231,165}\right)^2 = 1,24s \quad [40]$$

Onde:

t → Tempo de corte do aparelho de protecção, expresso em segundos (o tempo de corte não deverá ser superior a 5 s);

k → Constante cujo valor varia de acordo com a alma condutora e o tipo de isolamento;

S → Secção nominal dos condutores, expressa em milímetros quadrados;

I_{cc} → Corrente de curto-circuito mínima;

O tempo de actuação do aparelho de protecção a ser escolhido deve ser menor que o tempo de suporte da corrente de curto-circuito.

d) Selecção do disjuntor

O artº 577 do RSIUEE no número 2, aconselha que seja empregue um disjuntor termomagnético de intensidade nominal de 30 A do tipo sem regulação ou um disjuntor termomagnético de intensidade nominal tal que permita a regulação para uma intensidade de funcionamento de 30 A.

De uma forma geral, o cabo alimentador é do tipo VV 3 × 4 – 0,8/1,2, onde que cada motor e o circuito das tomadas serão alimentados com um cabo do tipo VV 3 × 2,5 – 0,8/1,2 e um cabo do tipo VV 2 × 1,5 – 0,8/1,2 para os circuitos de iluminação. Onde a:

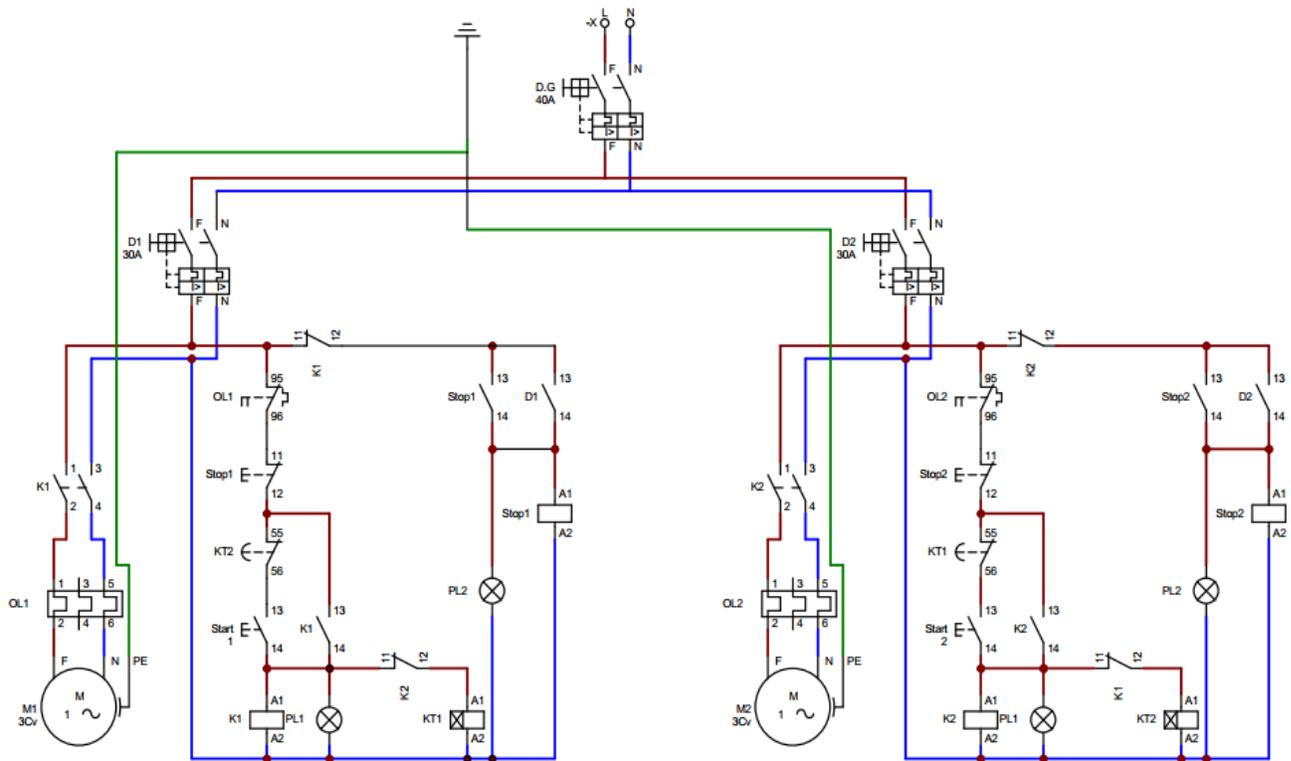
- **Fase:** castanho ou vermelho;
- **Neutro:** azul claro ou preto;
- **Terra:** verde ou verde-amarelado.

3.1.5. Protecção do motor

Na tabela 10 obtém-se a referência do relé em função da corrente de serviço que proteja simultaneamente o motor e a canalização contra sobrecargas. Assim, escolhe-se o relé LR.D16 321 regulado para 14 A, (ALMEIDA, 2001). **(Vide Anexo 6)**

- **Arranque do motor**

Sendo que o motor tem uma $P_u=2,2\text{kW}$ e é menor que 4 kW (5,5kVA), segundo o art.º 431, o tipo de arranque é directo.



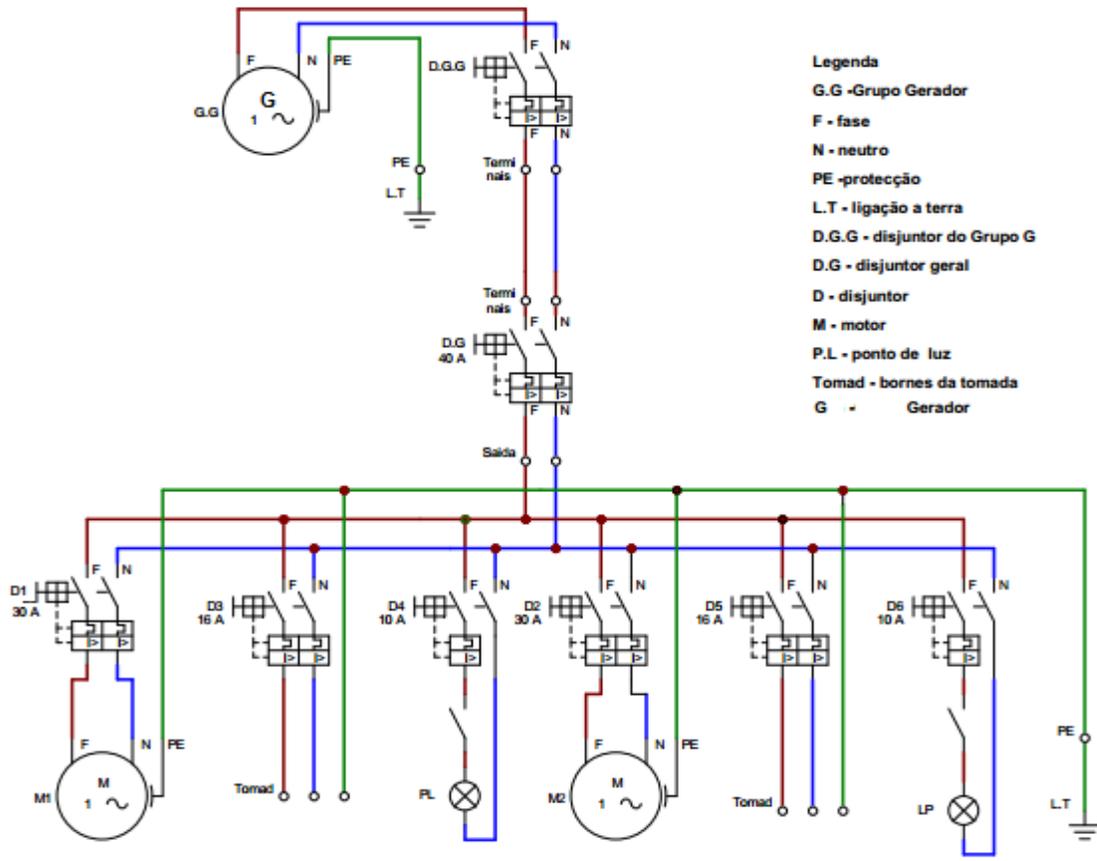
Legenda:

PE - Protecção	D1 & D2 - Disjuntor 1 & 2	PL2- Ponto de Luz vermelha-stop
DG - Disjuntor geral	OL1 & OL2 - Relé térmico 1 & 2	M1 -Motor Monofásico 1
F - Fase/ N-Neutro	PL1- Ponto de Luz verde-start	M2 -Motor Monofásico 2
KT1- Relé temporizador de 4seg	KT2- Relé temporizador de 4seg	

Figura 3. 9: Esquema de comando para o arranque dos motores monofásicos das duas moageiras

Desenhado no CADeSimu 4.0

Fonte: (Major, 2021)



- Legenda
- G.G - Grupo Gerador
 - F - fase
 - N - neutro
 - PE - protecção
 - L.T - ligação a terra
 - D.G.G - disjuntor do Grupo
 - D.G - disjuntor geral
 - D - disjuntor
 - M - motor
 - P.L - ponto de luz
 - Tomad - bornes da tomada
 - G - Gerador

Figura 3. 10: Esquema geral para compreensão da instalação

Desenhado no CADeSimu 4.0

Fonte: (Major, 2021)

3.1.6. Ligação a terra

O sistema de ligação a terra é tipo **TT-S** (onde a fonte (grupo gerador) tem um ponto directamente aterrado e as massas da instalação ligadas a terra e sendo esta independente da fonte e feito com um fio (PE) separado (diferente) do neutro).

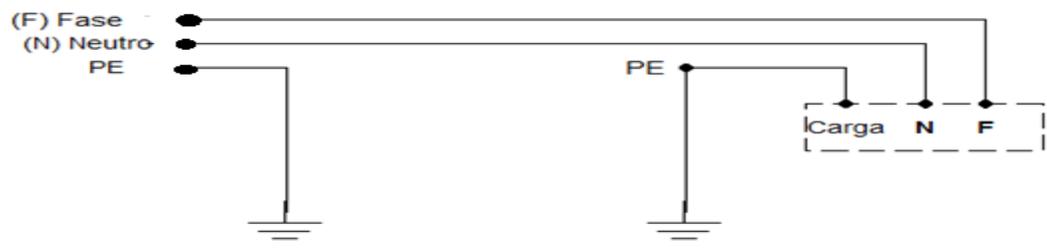


Figura 3. 11: Sistema de ligação a terra

Fonte: (Major, 2021)

3.1.7. Eléctrodo de terra

Para o sistema de ligação a terra é necessário 3 eléctrodos de vareta de aço revestido de cobre com 2 metros de comprimento e com 16mm de diâmetro, interligados entre si em forma de um triângulo, serão enterrados no solo verticalmente e com uma profundidade mínima de 1 metro e devem ter uma boa fixação na terra assim como nos contactos de modo a garantir um bom escoamento das correntes de fuga a terra.

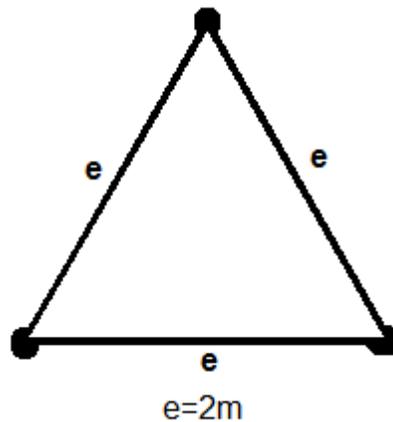


Figura 3. 12: Sistema de ligação a terra (triangulo equilátero)

Fonte: (Kindermann, 1995)

3.2. Estimativa de custo para a implementação do projecto

Segundo (Junqueira, 2014), para fazer o orçamento relativo aos custos, deve-se fazer o somatório dos preços de materiais e equipamentos necessários para instalação do biodigestor. Os valores aqui abaixo mencionados foram colhidos em diferentes plataformas de vendas online.

Sendo que o valor total é de 327,928,24 meticais (trezentos e vinte sete mil e novecentos e vinte oito e vinte quatro centavos), por razões de cálculos por estimativas considerou-se um acréscimo de 10%, no valor final para possíveis custos adicionais não identificados ou contabilizados, logo o custo total passa a ser de 360.721,06 meticais (trezentos e sessenta mil e setecentos e vinte dois meticais e 6 centavos), **Vide o Anexo 7.**

3.2.1.1. Matérias para construção do biodigestor Canadense

O modelo Canadense é o mais simples, apesar de ser o menos duradouro que os demais modelos. Para construção é necessária os seguintes materiais, (Junqueira, 2014) vide a tabela das materiais no **anexo 7**:

- Lona de cobertura de PVC flexível de 1,0 mm;
- Caixa de alvenaria para caixa de entrada e saída;
- Tubos de PVC de 150 mm para esgoto (branca), para a entrada de dejectos e saída de biofertilizante (ou lodo);
- Tubos de cor laranja e conexões para o transporte do biogás;

É usado um tubo com diâmetro de 0,591” (zero virgula quinhentos e noventa e uma polegadas) para alimentar directamente um motor de combustão interna, (Junqueira, 2014) com vista a obter-se uma vazão suficiente para operação do mesmo. Segundo (Junqueira, 2014) , as conexões entre os tubos devem ser bem vedados, com cola especial ou fita própria para vedação, com a finalidade de evitar vazamentos e banhar as conexões com água e sabão de modo a verificar se há ou não vazamentos.

3.2.1.2. Manutenção

Segundo (Junqueira, 2014), aconselha a prestar-se atenção e a ter cuidado no biodigestor de modo a evitar ranhuras ou rasgar a lona, pois obrigará a troca da mesma. A lona de PVC sofre um grande desgaste, devido a exposição a diferentes variações climáticas (chuvas, ventos, exposição ao sol), sendo necessária ser substituída a cada 5 (cinco) anos. A manutenção do grupo gerador é mais simples devendo apenas ser feita a troca de óleo, filtro de óleo, substituição da vela de ignição, a cada 3 (três) meses de operação do sistema.

Tabela 3. 10: Planos de manutenção

Item	Manutenção correctiva	Custo (MT)
Troca de óleo	3 Meses	850
Troca de filtro de óleo	3 Meses	850
Substituição da vela de ignição	3 Meses	850
Troca de lona de PVC	5 Anos	80325
Grupo gerador	10 a 15 anos	102.200

Fonte: (Junqueira, 2014)

3.3. Avaliação do ambiente durante a operação do projecto

Durante a operação do projecto, este funciona como um ciclo, como no diagrama abaixo:

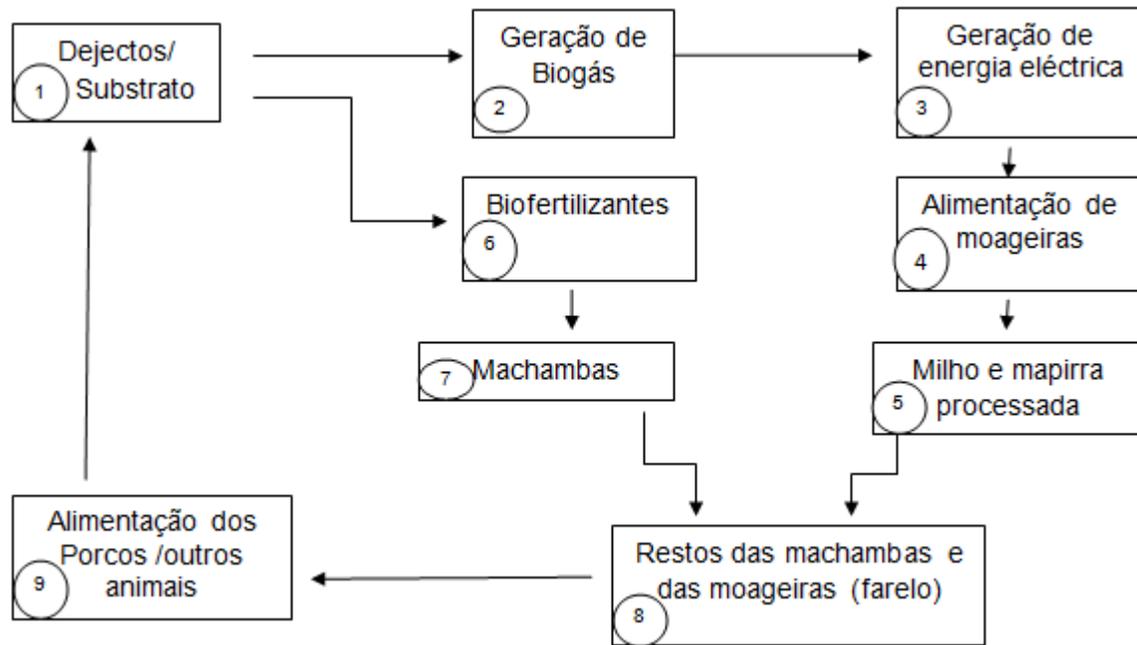


Figura 3. 13:Diagrama de operação do projecto

Fonte: (Major, 2021)

Sendo que no estágio, (Junqueira, 2014):

- 1- Os dejectos (substratos) são armazenados no biodigestor, onde há degradação anaeróbica, que culmina com a formação do biogás.
- 2- Há geração do biogás que serve de combustível para alimentar o motor de combustão interna do grupo gerador.
- 3- Ocorre o accionamento do grupo gerador que gera a energia eléctrica.
- 4- Ocorre a alimentação do motor das moageiras pelo grupo gerador.
- 5- Ocorre o processamento do milho e mapirra, havendo separação do produto e subproduto.
- 6- Ocorre a produção do biofertilizante líquido (encontrado na caixa de saída do biodigestor) que em outras literaturas (brasileiras) chama-se lodo.

- 7- Ocorre o uso do biofertilizante nas machambas que vai incrementar a produção agrícola, baixando significativamente os gastos com a compra do adubo, havendo assim poupança no dinheiro gasto na aquisição do adubo e no combustível.
- 8- Há recolha dos excedentes como os subprodutos (farelo de milho proveniente da moageira) e das culturas excedentes das machambas para a alimentação dos suínos e aves.
- 9- Ocorre a alimentação dos porcos (que estes também servirão de alimento para os camponeses, visto que tem uma taxa de reprodução de 18 leitões muito elevada que qualquer outro animal existente na associação) e de outros animais existentes na associação com os produtos ou subprodutos recolhidos no estágio 8.

3.3.1. Biofertilizante

Biofertilizante é o substrato que encontra-se na caixa de saída do biodigestor, sendo que se este apresentar mau cheiro significa que a biomassa contém agentes tóxicos ou substâncias tóxicas. Obtido na caixa de saída do biodigestor, neste caso no estado líquido. Segundo ((FNR), 2010), as propriedades do biofertilizante e suas substâncias são determinadas pela matéria submetida à fermentação anaeróbica e pelo processo de fermentação. Referir que, a central de biogás processa principalmente dejectos sólidos ou líquidos de origem bovina e suína, possui a vantagem de,

- Gerar adubos orgânicos,
- Reduzir da emissão de odores (mau cheiro) por decomposição de compostos orgânicos voláteis,
- Aumento do teor de nitrogénio de rápida acção nas hortas,
- Extermínio ou neutralização de sementes de ervas daninhas.

CAPITULO IV- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

4.1. CONCLUSÕES

O trabalho tinha como objectivo geral o dimensionamento de minicentral de biogás para geração de energia eléctrica a uma associação agrícola através de dejectos de animais, onde:

- Seleccionou-se o biodigestor canadense, por este se adequar a propriedade e também por ser fácil de construir sem necessidade de um técnico especializado e por também ter maior capacidade de produção e armazenamento do biogás, sendo também o modelo recomendado para regiões tropicais.
- Explicou-se que através do processo de fermentação anaeróbica dos dejectos de animais, que tem uma média de duração de 35 dias, sobre condições adequadas de humidade presentes numa câmara de fermentação (biodigestor), há formação do biogás.
- Explicou-se que a minicentral é constituída basicamente do biodigestor (cria as condições para produção do biogás), máquina térmica (com a função de queima de combustível e de dar o binário necessário para o gerador) e do gerador de energia eléctrica (com a finalidade de gerar energia eléctrica através da conversão da energia mecânica proveniente da máquina primaria).
- Constatou-se que os combustíveis (gasolina, Diesel e GLP, carvão mineral) terem um poder energético elevado, em relação ao biogás (que tem como seu principal composto na sua composição é o metano (CH_4)), possui a vantagem de ser um combustível renovável, fácil de produzir e explorar, tornando-se vantajoso o seu uso em relação aos demais combustíveis.
- Seleccionou-se o grupo gerador de 7kVA, tendo em conta a potência de arranque das moageiras da associação.
- O custo de implementação do projecto estima-se em 360.721,06 Mts (trezentos e sessenta mil e setecentos e vinte dois meticais e 6 centavos).
- Durante a operação do projecto haverá melhorias no custo de operação das moageiras, na produção dos alimentos e com o tempo pode vir a ser feita o alastramento da rede eléctrica para iluminação para as casas circunvizinhas.

4.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho fez-se um estudo e análise superficial de cada item que compõe uma central a biogás de pequenas dimensões, deixando assim o trabalho em aberto para desenvolvimentos futuros, tendo em vista a dar mais clareza e precisão científica, fazendo-se um estudo minucioso de cada objectivo específico. Deixando – se como proposta os temas, abaixo:

- Dimensionamento de uma central a biogás usando dejectos humanos do aterro sanitário de Infulene para alimentação da iluminação pública na cidade de Maputo.
- Dimensionamento de uma mini - central a biogás usando dejectos humanos do aterro do Zimpeto para alimentação da iluminação pública da circular de Maputo.
- Análise do poder calorífico do biogás proveniente dos dejectos humanos.
- Análise do poder calorífico do biogás proveniente dos resíduos urbanos.
- Estudo a implantação de uma central a biogás usando dejectos de animais ou humanos.
- Estudo de viabilidade de implementação de minicentral em zonas rurais, distantes da rede pública.
- Estudo e pesquisa do potencial de produção de biogás nos animais domésticos em Moçambique.

4.3. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Ecoplan Consultores. (2009). *Estudo de impacto e plano de gestão ambiental e social do “centro modelo provincial de educação à distância”* Chimoio - Manica. Ministério da educação e cultura.
2. Portal Solar . (2014). *Portal Solar*. Acesso em 13 de abril de 2021, disponível em A energia mais barata do mundo: www.portalsolar.com.br/energia-mais-barata-do-mundo
3. (FNR), F. N. (2010). *Guia Prático do Biogás (Geração e Utilização)*. Gülzow(Alemanha): Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR).
4. Agraupe. (s.d.). *agraupe*. Fonte: [agraupebrasil](http://agraupebrasil.com).
5. Almeida, A. D. (2001). *Materiais e Equipamentos Eléctricos (Dimensionamento de cabos e protecções)*. Setúbal: Instituto Politécnico de Setúbal.
6. Aquino, et. al. (Jan-Jun de 2014). *O uso do biogás no âmbito rural como proposta de desenvolvimento sustentável*. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente* 5, pp. 140-149.
7. Araújo, A. P. (2017). *Produção de biogás a partir de resíduos orgânicos utilizando biodigestor anaeróbico*. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia.
8. Baú, D. F. (2015). *Biodigestores: Alternativa Energética na Otimização da Produção Agrícola*. Alegrete: Universidade Federal do Pampa.
9. Bezerra, J. (30 de Setembro de 2020). *Toda Materia* . (Juliana Bezerra) Acesso em 04 de Outubro de 2020, disponível em Conteúdos Escolares: <https://www.todamateria.com.br/fontes-de-energia/>
10. Blocos Oriente. (et. al de 2010). *blocos oriente segurança e tranquilidade na sua obra*. (MAZUKIM) Acesso em 16 de NOVEMBRO de 2020, disponível em www.blocosorient.com.br: <https://www.blocosorient.com.br/blog/artigo/65/passoa-passo-para-calculara-quantidade-certa-de-blocos-para-a-construcao>
11. Brasil, W. I. (2008). *Manual de treinamento em Biodigestão*. Agência dos Estados Unidos para o Desenvolvimento Internacional (USAID).
12. Buffalo motores & acoplados. (2009). *Calculo de geradores (Diesel ou Gasolina). Dimensionamento de motogeradores, et. al*. São José dos Pinhais-PR-Brasil: buffalo motores & acoplados.

13. buy.co.mz. (s.d.). *buy.co.mz*. Acesso em 07 de Novembro de 2020, disponível em buy.co.mz: <https://buy.co.mz/produto/debulhador-e-descascador-de-milho-electrico/>
14. Christo, G. L. (2016). *Biomassa de resíduos de hortifruticultura em colombo-pr e prospecção preliminar para geração de biogás*. Curitiba, Brasil: Universidade Federal Do Paraná.
15. Comunitárias, F. i. (2017). *Fundação iniciativa para Terras Comunitárias*. Acesso em 07 de Novembro de 2020, disponível em iTC-F: <http://www.itc.co.mz/portfolio-items/estudo-de-caso-nicuresse/>
16. Dalpaz, R. (2019). *Avaliação energética do biogás com diferentes percentuais de metano na produção de energia térmica e elétrica*. Lajeado: Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES.
17. Dominiak, A. L. (2016). *Projeto e implantação de sistemas de geração de biogás em pequenas propriedades rurais como fonte alternativa de energia*. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Departamento Acadêmico de Eletrotécnica).
18. Dominiak, A. L. (2016). *Projeto e implantação de sistemas de geração de biogás em pequenas propriedades rurais como fonte alternativa de energia*. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná (Departamento acadêmico de eletrotécnica).
19. Honório, M. O. (2009). *Estimativa de Crédito de carbono da produção e queima do biogás proveniente de dejetos de suínos: estudo de caso*. Florianópolis - SC: Universidade Federal de Santa Catarina.
20. Junqueira, S. L. (2014). *Geração de energia através de biogás proveniente de esterco bovino: Estudo de caso na fazenda aterrado*. Rio de Janeiro, RJ - Brasil: DEM/POLI/UFRJ.
21. Kindermann, G. (1995). *Aterramento Elétrico* (3ª ed.). Porto Alegre: Sagra - DC-Luzzatto.
22. Major, G. A. (2021). *Dimensionamento de mini-central de biogás para geração de energia elétrica a uma associação agrícola através de dejectos de animais*. Maputo: Universidade Eduardo Mondlane.
23. Manica Makombe. (2009). *Manica makombe*. Acesso em 27 de OUTUBRO de 2020, disponível em Web makombe: <http://makombemanica.comunidades.net/index.php>

24. Mathias, J. (et. al de 2015). *Globo Rural*. (Globo) Acesso em 16 de novembro de 2020, disponível em www.globo.com:
www.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1693045-4530,00.html
25. Moçambique. (11 de Outubro de 2005). *Bolletim da Republica Regulamento que Estabelece Normas Referentes à Rede Nacional de Energia Eléctrica, capítulo 1 (Artigo 1)*.
26. Multipetro distribuidora de óleo diesel. (30 de Maio de 2018). *Multipetro*. Acesso em 5 de Maio de 2021, disponível em Motores ciclo diesel:
<https://www.multipetro.com.br/blog/2018/05/30/motores-diesel/>
27. Nogueira, L. (1992). *Biodigestão: Alternativa energetica*. São Paulo: Nobel.
28. Okamura, L. A. (2013). *Avaliação e melhoria do poder calorífico de biogás proveniente de residuos sólidos urbanos*. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
29. Oliveira, J. C. (2018). *Utilização de um biodigestor para tratamento de esgotoe geração de energia: Um estudo decaso na comunidade de Portelinha, RJ*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
30. Passamani et. al, (2012). *Avaliação do potencial energético do biogás produzido no reator UASB da ETE-UFES*. Vitória-Brasil: Universidade Federal do Espírito Santo(Centro Tecnológico).
31. PEÇA, J. O. (2012). *Motor diesel(sua aplicação em equipamentos agrícolas)*. Évora: Universidade de Évora.
32. Pedrolo, C. (2006). *Poder calorífico*. (Wikipédia) Acesso em 04 de Dezembro de 2020, disponível em infoescola (navegando e aprendendo):
<https://www.infoescola.com/quimica/poder-calorifico/amp/>
33. Pereira, A. C. (2012). *Geração de energia para condomínio utilizando sistema fotovoltaico autonomo*. UFMG-escola de engenharia.
34. Portugal. (26 de Dezembro de 1974). *Decreto-lei n.º 740/74, de 26 de Dezembro de 1974. Regulamento de segurança das instalações de utilização de energia eléctrica*.
35. Ptaszynska, M. (2006). *Compêndio de reprodução animal*. Intervet international bv.
36. Quinats e Quintas- *Condutores electricos, S.* (2007). *solidal condutores electricos,S.A* (10ª ed.). Portugal: Norprint.

37. Solar, P. (24 de fevereiro de 2011). *Portal Solar*. Acesso em 30 de março de 2021, disponível em Portal Solar: www.portalsolar.com.br/energia-mais-barata-do-mundo
38. Telles, M. V. (s.d.). *instalações electricas*. UEM- Engenharia Electrotecnica.
39. Varella, C. A. (2012). *Sistemas auxiliares dos motores de combustão interna*. Seropédica-Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio DE Janeiro.
40. Virmond, E. (2007). *Aproveitamento do lodo de tratamento primário de efluentes de um frigorífico como fonte de energia*. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC.
41. Walker, E. (2009). *Estudo da viabilidade económica na utilização de biomassa como fonte de energia renovavel na produção de biogás em propriedades rurais*. Rio Grande do Sul : IJUÍ-RS.
42. WEG. (2005). *Motores Elétricos - Linhas de Produtos - Características - Especificações - Instalações - Manutenções*. Jaraguá do Sul - Santa Catarina.
43. Wikipedia. (03 de Outubro de 2016). *Energia electrica*. Acesso em 04 de Outubro de 2020, disponível em wikipedia.org.pt:
https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_el%C3%A9trica
44. Wikipédia. (28 de Setembro de 2020). *Wikipédia, a enciclopédia livre*. (Wikipédia) Acesso em 04 de Dezembro de 2020, disponível em Wikipédia:
<https://pt.wikipedia.org/wiki/Diesel>
45. Youkai power. (2015). *Jiangsu Youkai Power Technology.co.,Ltd.* (Jiangsu Youkai Power) Acesso em 11 de Novembro de 2020, disponível em <https://pt.made-in-china.com>: https://pt.made-in-china.com/co_youkai-power/product_AC-Single-Phase-6kVA-6kw-7kw-8kVA-Diesel-Genset-Mini-Small-Generator-Silent-Portable-Generator_ruyisyuyg.html
46. Zenatti, D. C. (2009). *Aula de biogás: Obtenção e aproveitamento*. (biogás).

Anexos

ANEXO 1

Tabela A1 – 1: Tabela de motores monofásicos de uso rural.

Motor monofásico IP55 uso rural



Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado I_p / I_n	Conjugado nominal C_n (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado C_p / C_n	Conjugado máximo C_{max} / C_n	Rendimento η %			Fator de potência $\cos \phi$			Fator de serviço FS	Momento de inércia J (kgm ²)	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente	Nível médio de pressão sonora dB (A)	Peso aprox. (kg)
cv	kW								% da potência nominal										
									50	75	100	50	75	100					

2 Pólos - 60 Hz

0,25	0,18	63	3430	2,2	4,5	0,05	2,30	2,7	41,0	47,0	51,0	0,59	0,67	0,74	1,15	0,00020	6	58	9,8
0,33	0,25	63	3450	3,7	4,5	0,07	2,50	2,7	35,0	42,0	47,0	0,55	0,61	0,67	1,15	0,00030	6	58	10,4
0,50	0,37	71	3485	4,0	5,2	0,10	2,00	2,6	44,0	51,0	55,0	0,60	0,69	0,76	1,15	0,00070	6	60	13,0
0,75	0,55	80	3490	5,1	6,2	0,15	2,30	2,8	55,0	63,0	66,0	0,58	0,68	0,74	1,15	0,00100	6	60	17,5
1,00	0,75	80	3490	7,0	6,5	0,21	2,20	2,7	60,0	64,0	67,0	0,52	0,64	0,72	1,15	0,00120	6	60	18,4
1,50	1,1	90S	3535	8,2	7,5	0,30	2,40	2,8	68,0	73,5	76,0	0,68	0,78	0,81	1,15	0,00200	6	60	23,7
2,00	1,5	90L	3530	10,0	7,2	0,41	2,30	2,4	72,0	75,5	78,5	0,73	0,83	0,85	1,15	0,00240	6	60	24,8
3,00	2,2	100L	3480	13,8	6,8	0,62	2,10	2,5	74,0	77,0	(78,5)	0,89	0,92	(0,94)	1,15	0,00640	6	60	37,5
4,00	3,0	W112M	3490	18,5	7,0	0,82	2,30	2,4	74,0	78,5	80,0	0,83	0,89	0,92	1,15	0,00720	6	60	39,9
5,00	3,7	112M	3500	21,6	7,3	1,02	2,80	2,6	78,5	81,5	81,5	0,88	0,93	0,95	1,15	0,00840	6	60	48,2
7,50	5,5	W132S/M	3490	32,0	7,0	1,54	2,60	2,5	80,0	82,5	84,0	0,86	0,92	0,94	1,15	0,01040	6	60	58,7
10,0	7,5	132M	3520	42,0	7,5	2,03	2,10	2,4	81,5	84,0	85,5	0,91	0,93	0,95	1,15	0,02430	6	60	70,0
12,5	9,2	132ML	3520	51,0	7,5	2,54	1,50	2,7	85,5	87,5	87,5	0,91	0,94	0,94	1,15	0,03170	6	60	80,2

Fonte: (WEG, 2005)

ANEXO 2

Tabela A2 – 2: Intensidades admissíveis em cabos de tensão nominal 0,8/1,2kV ou 2,4/3,6kV.

CONDUTOR		SECÇÃO NOMINAL mm ²	CABOS INSTALADOS AO AR			CABOS ENTERRADOS		
			1 condutor	2 condutores	3 e 4 condutores	1 condutor	2 condutores	3 e 4 condutores
COBRE	1,5	27	22	20	34	30	25	
	2,5	36	30	28	45	40	35	
	4	48	40	36	60	50	45	
	6	60	50	48	75	65	60	
	10	85	70	65	105	90	80	
	16	115	95	90	140	120	110	
	25	145	125	110	180	155	135	
	35	175	150	130	220	185	165	
	50	205	180	150	260	220	190	
	70	260	225	195	325	280	245	
	95	310	270	235	390	335	295	
	120	355	305	270	445	380	340	
	150	400	350	310	500	435	390	
	185	440	390	355	550	490	445	
	240	500	455	410	625	570	515	
	300	555	510	470	695	640	590	
400	630	610	560	785	760	700		
500	685	—	—	855	—	—		

Fonte: (ALMEIDA, 2001)

ANEXO 3

Tabela A3 – 3: Factores de correcção para temperaturas ambientes diferentes de 20°C (γ).

TABELA 7		Factores de correcção para temperaturas ambientes diferentes de 20° C (γ)						
TEMPERATURA AMBIENTE °C		5	10	15	20	25	30	35
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por	Tensão nominal até 4,8/7,2 kV inclusive	1,15	1,10	1,05	1,00	0,94	0,88	0,82
	Tensão nominal 7,2/12 kV	1,20	1,13	1,07	1,00	0,93	0,85	0,76

Fonte: (ALMEIDA, 2001)

ANEXO 4

Tabela A4 – 4: Factores de correcção para cabos multicondutores enterrados (β).

TABELA 4		Factores de correcção para cabos multicondutores enterrados (β)						
NÚMERO DE CABOS COM PEQUENO AFASTAMENTO		2	3	4	5	6	8	10
Multiplicar os valores das tabelas 1 a 3 por		0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,62	0,60

Fonte: (ALMEIDA, 2001)

ANEXO 5

Tabela A5 – 5: Características das almas condutoras de cobre.

TABELA 8		Características das almas condutoras de cobre			
RÍGIDAS					
Resistência máxima em corrente contínua a 20° C Ω/km					
SECÇÃO NOMINAL mm ²	NÚMERO DE FIOS	Cabos monocondutores e cabos com condutores paralelos		Cabos multicondutores cableados	
		Cobre não estanhado	Cobre estanhado	Cobre não estanhado	Cobre estanhado
0,2	1	88,5	89,5	—	—
0,3	1	53,1	53,7	—	—
0,5	1	35,4	35,8	—	—
0,75	1	23,8	24,0	—	—
1	1	17,7	17,9	18,1	18,2
1,5	1	11,9	12,0	12,1	12,2
2,5	1	7,14	7,21	7,28	7,35
4	1	4,47	4,51	4,56	4,60
6	1	2,97	3,00	3,03	3,06
10	7	1,79	1,81	1,83	1,84
16	7	1,13	1,14	1,15	1,16
25	7	0,712	0,719	0,727	0,734
35	19	0,514	0,519	0,524	0,529
50	19	0,379	0,383	0,387	0,391
70	19	0,262	0,265	0,268	0,270
95	19	0,189	0,191	0,193	0,195
120	37	0,150	0,151	0,153	0,154
150	37	0,122	0,123	0,124	0,126
185	37	0,0972	0,0982	0,0991	0,100
240	61	0,0740	0,0747	0,0754	0,0762
300	61	0,0590	0,0595	0,0601	0,0607
400	61	0,0461	0,0465	0,0470	0,0475
500	61	0,0366	0,0369	0,0373	0,0377
630	127	0,0283	0,0286	0,0289	0,0292
800	127	0,0221	0,0224	0,0226	0,0228
1000	127	0,0176	0,0177	0,0179	0,0181

Fonte: (ALMEIDA, 2001)

ANEXO 6

Tabela A6 – 6: Escolha do relé e fusível associado (TELEMECANIQUE).

TABELA 10		Escolha do relé e fusível associado TELEMECANIQUE														
REFERÊNC. DO RELÉ	CORRENTE DE EMPREGO (A)	FUSÍVEIS		POTÊNCIAS DOS MOTORES — 50/60 HZ												
				CORRENTE TRIFÁSICA						C. MONOF.						
				220 V	380 V	415/440 V	500 V	660 V	220 V	380 V	415/440 V	500 V	660 V	220 V		
		aM	gl	KW	Cv	KW	Cv	KW	Cv	KW	Cv	KW	Cv	KW	Cv	
LR.D09 301	0,10 a 0,16	0,25														
302	0,16 a 0,25	0,50														
303	0,25 a 0,40	1	2													
304	0,40 a 0,63	1	2													
305	0,63 a 1	2	4													
306	1 a 1,60	2	4													
307	1,60 a 2,50	4	6	0,37	0,5	1,1	1,5									
308	2,50 a 4	6	10	0,75	1	1,50	2	2	3	3	4					
310	4 a 6	8	16	1,1	1,5	2,2	3	3	4	4	5,5	7,5	10	0,37	0,5	
312	5,50 a 8	12	20	1,8	2,5	3	4	3,7	5	4	5,5	7,5	10	0,55	0,75	
314	7 a 10	12	20	2,2	3	4	5,5	4	5,5	4	5,5	7,5	10	0,75	1	
LR.D12 316	10 a 13	16	25	3	4	5,5	7,5	5,5	7,5	5,5	7,5	10	13,5	1,1	1,5	
LR.D16 321	13 a 18	20	35	4	5,5	7,5	10	9	12,5	10	13,5	15	20	1,5	2	
LR.D25 322	18 a 25	25	50	5,5	7,5	11	15	11	15	15	20	25	30	2,2	3	
LR.D40 353	23 a 32	40	63	7,5	10	15	20	15	20	18,5	25	30	40	3	1	
355	30 a 40	40	80	10	13,5	18,5	25	22	30	22	30	30	40	4	7,5	
LR.D63 357	38 a 50	63	100	11	15	22	30	25	35	30	40	40	50	5,5	7,5	
359	48 a 57	63	100	15	20	25	35	30	40	37	50	45	60	7,5	10	
361	57 a 66	63	100	18,5	25	30	40	37	50	45	60	55	75			
363	66 a 80	80	125	22	30	37	50	45	60	55	75	75	100	10	13,5	

Fonte: (ALMEIDA, 2001)

Trabalho de Licenciatura

ANEXO 7

Tabela A7 – 7: Tabela dos Matérias para a construção do biodigestor

Material	Especificação	Quantidade	Valor unitário (mts)	Valor total (mts)
<i>Areia fina</i>	1 pá	1.00	600.00	600.00
<i>Areia grossa</i>	1 pá	1.00	800.00	800.00
<i>Base para neutro</i>		1.00	400.00	400.00
<i>Blocos biodigestor</i>	Entrada e saída	158.00	19.00	3002.00
<i>Blocos para biodigestor</i>	Fossa	158.00	19.00	3002.00
<i>Blocos para pocilga</i>		300.00	19.00	5700.00
<i>Botoeira NA</i>		2.00	150.00	300.00
<i>Botoeira NF</i>		2.00	150.00	300.00
<i>Braçadeiras metálicas</i>	Pacote	1.00	300.00	300.00
<i>Brita</i>	1 pá	1.00	1200.00	1,200.00
<i>Cabo alimentador</i>	VV 3x4-(0,8)(1,2)	55.00	40.00	2,200.00
<i>Cabo alimentador</i>	VV 3x2.5-(0,8)(1,2)	55.00	25.00	1,375.00
<i>Cabo para iluminação</i>	VV 2x1.5-(0,8)(1,2)	20.00	15.00	300.00
<i>Cantoneiras</i>		12.00	250.00	3,000.00
<i>Chapas de zinco</i>	10 Pés para pocilga	6.00	350.00	2,100.00
<i>Contactora</i>		4.00	1,525.00	6,100.00
<i>Contador de 40mm</i>		1.00	700.00	700.00
<i>Disjuntor dos termomagnético</i>	30A	2.00	2,940.00	5,880.00
<i>Disjuntor duplo</i>	40 A	1.00	350.00	350.00
<i>Filtro de biogás</i>		1.00	3,400.00	3400.00
<i>Grupo gerador</i>	YKS-8500ES	1.00	10,2800.00	102,800.00
<i>Interruptor</i>	Simples	4.00	270.00	1,080.00
<i>Lâmpadas</i>	15W	2.00	100.00	200.00
<i>Lona de cobertura de PVC</i>	Flexível de 1,0 mm	6.00	17,000.00	102,000.00
<i>Mão-de-obra</i>	Pedreiro	2.00	4,000.00	8,000.00
<i>Mão-de-obra</i>	Electricista	1.00	8,000.00	8,000.00
<i>Mão-de-obra</i>	Inspector	1.00	8,000.00	8,000.00
<i>Quadro de comando</i>		2.00	2,515.00	5,030.00
<i>Quadro eléctrico</i>	36" Interior	4.00	2,118.31	8,473.24

Trabalho de Licenciatura

Tabela A7 – 8: Tabela dos Matérias para a construção do biodigestor (continuação).

<i>Relé Térmico</i>	LR.D16 321	2.00	800.00	1,600.00
<i>Sacos de cimento</i>	Reboco do biodigestor	2.00	520.00	1,040.00
<i>Sacos de cimento da pocilga</i>	Construção	4.00	520.00	2,080.00
<i>Sacos de cimento do biodigestor</i>	Argamassa de construção	2.00	520.00	1,040.00
<i>Sinalização visual</i>	Vermelha	1.00	150.00	150.00
<i>Sinalização visual</i>	Verde	1.00	150.00	150.00
<i>Terminal de 1,5 mm</i>		1.00	200.00	200.00
<i>Terminal de 2,5 mm</i>		1.00	200.00	200.00
<i>Terminal de 4 mm</i>		3.00	10.00	30.00
<i>Tomada SCHUKO interior com terra</i>		425.00	2.00	850.00
<i>Torneira 3/4"</i>	Redutor do biogás	1.00	50.00	50.00
<i>Tubo VD 20mm</i>		150.00	70.00	10,500.00
<i>Tubos de PVC</i>	150mm	8.00	500.00	4,000.00
<i>Usinagem do motor</i>		1.00	17,000.00	17,000.00
<i>Varões de cobre</i>	Eléctrodo de terra de 2 m	6.00	381.00	2,286.00
<i>Varões de construção</i>	6mm	12.00	180.00	2,160.00
<i>Subtotal</i>				327,928.24
<i>Subtotal+10%</i>				32,792.82
<i>Total(mts)</i>				360,721.06

ANEXO 8

Algoritmo para cálculo de blocos, (BLOCOS ORIENTE, 2010)

- Algoritmo para a quantidade de blocos e argamassa necessários para a construção do biodigestor.

Tabela A8 – 9: Algoritmo para cálculo de blocos

Definição	Formula
Área de construção	Perímetro da Construção
Quantidade de blocos inteiros (Q.B.I)	Área de Construção x 12,5 (Quantidade de blocos por metro quadrado)
Quantidade de meio-blocos metade (Q.M.B)	10% Da Quantidade de Blocos Inteiros (Q.B.I)

Fonte: (BLOCOS ORIENTE, 2010)

- **Cálculo da quantidade de blocos e de argamassa necessária**

I. Resolução (BLOCOS ORIENTE, 2010):

Passo 1: Calculo as áreas:

$$\text{Perímetro: } P = C = 12,566m$$

$$\text{Área total: } A_t = 11,953m^2$$

Passo 2: Cálculo da quantidade de blocos:

- **Blocos inteiros:**

Usando o bloco com 15 cm de largura, serão necessários 12,5 blocos inteiros por metro quadrado.

Cálculo:
$$Q.B.I = \text{Área total} \times 12,5 \frac{\text{blocos}}{m^2} \quad (\text{A8A-9})$$

$$Q.B.I = 11,953m^2 \times 12,5 \frac{\text{blocos}}{m^2}$$

$$Q.B.I \cong 150 \text{ blocos}$$

- **Meio-blocos:**

O total de meio-blocos equivale a 10% do total de blocos inteiros a usar, ou seja, 15 meio-blocos.

$$Q.M.B = Q.B.I \times 10\% \quad (\text{A8B-9})$$

$$Q.M.B = 150 \times 10\%$$

$$Q.M.B \cong 15 \text{ blocos}$$

II. Cálculo da Argamassa:

$$\text{Área construída} = 11,953\text{m}^2$$

O consumo é de 12litros de argamassa por metro quadrado construído com blocos de 15 cm de largura. Logo, tem-se:

$$\text{Argamassa} = \text{Área construída} \times 12\text{litros/m}^2 \quad (\text{A8A-10})$$

$$\text{Argamassa} = 11,953\text{m}^2 \times 12\text{litros/m}^2$$

$$\text{Argamassa} = 144\text{litros}$$

Segundo (BLOCOS ORIENTE, 2010), aconselha a acrescentar 10% no arredondado da argamassa.

$$\text{Argamassa} = 144\text{litros} + 144 \times 10\% = 158,4\text{litros} \cong 159\text{litros} \quad (\text{A8B-10})$$

Totalizando 159 litros de argamassa.

Tabela A8 – 10: Quantidade da mistura de argamassa

Mistura de argamassa por cada 100L		
Materiais	Para 100 litros	Para 159 litros
Cimento	27 kg	42,92 kg
Areia	130 Litros	206,7 Litros

Fonte: (BLOCOS ORIENTE, 2010)

Para o caso do cimento, optou-se por colocar 4 sacos de 50kg (onde 1 saco é para a argamassa da fossa, outro (1 saco) é para edificação das caixas de entrada e saída de dejectos e os restantes 2 sacos de cimento para a argamassa de reboco de toda estrutura, mesmo a construção do piso para assentar o grupo gerador). E também optou-se por duplicar a quantidade total dos blocos, totalizando 316 blocos, onde que 150 blocos são inteiros e 15 metades (que equivalem a 8 blocos inteiros) que totalizavam 158 blocos para a construção da fossa bem como para a pocilga, assim sendo os restantes blocos serão para construção das caixas de entrada de dejectos e saída lodo.

ANEXO 9

Vocabulário A9-11: A até C

- **Acetogénica** É responsável pela conversão dos compostos orgânicos produzidos.
- **Ácidos graxos** Ácidos graxos são substâncias orgânicas encontradas em temperatura ambiente nas fases sólida e líquida que apresentam o grupo carboxilo e hidroxilo na sua constituição e pertencem ao grupo dos ácidos carboxílicos.
- **Associação rural** É criada com objectivo de integrar as acções dos associados (agricultores e trabalhadores rurais) em benefício da melhoria do processo produtivo e da própria comunidade à qual pertencem.
- **Biodigestão** Ou fermentação anaeróbica é um método de reciclagem que consiste na produção de gás combustível e também de adubos.
- **Bioprocessos** São os processos conduzidos mediante acção de agentes biológicos.
- **Cabo não-estanhado** É um cabo com um fio de cobre que não recebeu um banho de estanho na sua superfície.
- **Campânula (Redoma)** É um vaso de metal ou de vidro em forma de sino.
- **Celulose** A celulose é um carboidrato do tipo polissacarídeo abundante nos vegetais.
- **Combustão directa** Consiste na transformação da energia química existente nessas fontes de biomassa em calor, podendo ser feita em fornos e fogões.
- **Combustíveis** São substâncias que são queimadas para produzir calor.
- **Composto nitrogenado** É a matéria orgânica em cuja composição entra azoto (ou nitrogénio), incluindo os aminoácidos.
- **Cúpula** É a parte interior e côncava ou esférica.

Vocabulário A9-12: D até L

- **Decomposição** Separação dos elementos constitutivos de um corpo sendo realizado por fungos e bactérias que promove a degradação da matéria orgânica.
- **Decomposição biológica** É um processo realizado por fungos e bactérias que promove a degradação da matéria orgânica e a liberação de nutrientes.
- **Decompositores** São fungos e bactérias que fazem a degradação da matéria orgânica.
- **Degradação anaeróbica** Acção de destruir com ausência de oxigénio.
- **Efluente** São águas residuais, ou líquidos tratados ou não que vão para um reservatório, bacia, planta de tratamento ou qualquer outro lugar.
- **Energia química** É a energia libertada ou formada a partir das reacções químicas.
- **Fermentação** É um processo químico, com a ausência de oxigénio (O_2), no qual fungos e bactérias realizam a transformação de matéria orgânica em outros produtos e energia.
- **Fotossíntese** É a luz solar convertida em energia química por organismos e as plantas.
- **Gasómetro** É o local onde fica armazenado o biogás produzido.
- **Hidráulico** Relativo a órgão que movimento da água.
- **Indústrias transformadoras** São aquelas que transformam a matéria-prima bruta em matéria-prima para ser utilizada por outras indústrias.
- **Inóculo** É a substância com uma concentração de microrganismos que auxilia o início da fermentação.
- **Intermitente** Descontínuo ou inconstante.
- **Lodo** É uma mistura de substâncias que apresentam minerais e partículas provenientes de matéria orgânica decomposta em suspensão no meio aquoso.

Vocabulário A9-13: L até P

- **Lona impermeável (Lona PVC)** É um tecido feito com fios de alta tenacidade e revestidos com filmes de PVC (frente e verso) que detêm a água, fungos e bactérias (protecção) impedindo suas passagens, muito utilizados no revestimento de peças e objectos que devem ser mantidos secos e livres de contaminantes.
- **Massa biológica** É a quantidade de matéria orgânica produzida numa determinada área de um terreno.
- **Matéria orgânica** É a matéria de origem animal ou vegetal encontrado sob a superfície do solo.
- **Matéria-prima** É um produto natural ou semi-manufaturado que deve ser submetido a um processo produtivo até tornar-se um produto acabado.
- **Metano** É um gás incolor cuja molécula é tetraédrica e apolar (CH₄).
- **Metanogénicas** É a etapa final no processo global de degradação anaeróbica da matéria orgânica biodegradável em metano e dióxido de carbono que é efectuada pelas Archaeobacterias metanogénicas
- **Microrganismos** São seres microscópicos pertencentes a diferentes reinos biológicos, como fungos, bactérias, protozoários e vírus.
- **Molécula** É um conjunto de átomos, iguais ou diferentes, unidos por ligações covalentes.
- **Nutrientes** São substâncias encontradas nos alimentos e que possuem funções específicas no organismo.
- **Ociosa** Inactivo ou inoperante.
- **pH** pH é utilizada para representar o potencial de iões de hidrogénio presente em uma determinada solução ou mistura.

Vocabulário A9-14: P até S

- **Pirólise** É uma reacção de decomposição que ocorre pela acção de altas temperaturas.
- **Poder energético** É a quantidade de calorífico libertada na oxidação de uma determinada massa de combustível.
- **Processos biológicos** São processos vitais para um organismo viver e que moldam suas capacidades para interagir com seu ambiente. Caracterizados por ter muitas reacções químicas ou outros eventos envolvidos na persistência e transformação das formas de vida
- **Reacção** Ocorre quando um material passa por uma transformação em que sua constituição muda.
- **Resíduos** São substâncias, produtos ou matérias, qualquer que seja o estado em que se apresentem, cujo detentor é obrigado a eliminar.
- **Resíduos dos Animais ou humanos** É todo material, substância e objecto proveniente das actividades humanas ou animais.
- **Resíduos Industriais ou florestais** É todo material, substância e objecto proveniente das Industriais e florestais.
- **Resíduos Sólidos urbanos** É todo material, substância, objecto ou bem descartado resultante de actividades humanas em sociedade.
- **Resíduos Vegetais ou agrícolas** É todo material, substância e objecto proveniente dos Vegetais.
- **Retenção** Detenção.
- **Sazonal** Mesma época do ano.
- **Sedimentação** É um processo de separação em que a mistura de dois líquidos, ou de um sólido suspenso num líquido é deixada em repouso.
- **Substâncias tóxicas** São substâncias capazes de provocar a morte ou danos à saúde humana se ingeridas, inaladas ou por contacto com a pele, mesmo em pequenas quantidades.

Vocabulário A9-15: T até V

- **Termoquímico** É quantidade de calor absorvido ou libertado em reacções químicas.
- **Tratamento biológico** É quando a matéria orgânica contaminante é degradada e digerida por microrganismos (bactérias, protozoários e algas) presentes nos tanques de tratamento.
- **Trituração** É a redução de quantidades de massas em menores.
- **Vazão** É a quantidade volumétrica de um fluido, que escoar através de uma secção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo.