



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Projecção de uma prensa de parafuso para extrair óleo de semente de  
mafurra para produção de biodiesel**

**Autor:** José Alberto Banze Júnior

**Supervisor:**

Doutor Eng<sup>o</sup> Paxis Roque

**Co-supervisor**

Eng<sup>o</sup> Dionísio Langa

Maputo, Maio de 2024



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**TRABALHO DE LICENCIATURA**

**Projecção de uma prensa de parafuso para extrair óleo de semente de mafurra para produção de biodiesel**

**Autor:** José Alberto Banze Júnior

**Supervisor:**

Doutor Eng<sup>o</sup> Paxis Roque

**Co-supervisor**

Eng<sup>o</sup> Dionísio Langa

Maputo, Maio de 2024

**TERMO DE ENTREGA DO RELATORIO DE TRABALHO DE LICENCIANTURA**

Declaro que o estudante José alberto Banze Júnior entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/2024 as três copias do relatório do seu trabalho de licenciatura com a referência : \_\_\_\_\_

Intitulado: **PROJEÇÃO DE UMA PRENSA DE PARAFUSO PARA EXTRIR ÓLEO DE SEMENTE DE MAFURRA PARA PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2024

Chefe de secretaria

---

## INDICE

AGRADECIMENTOS .....	vii
DEDICATÓRIA .....	viii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
LISTA DAS ABREVIATURAS .....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
Capitulo I .....	1
1.1.    Introdução .....	1
1.2.    A importância ou razões que motivam o estudo .....	2
1.3.    Problemática .....	2
1.4.    Problema .....	2
1.5.    Objectivos .....	3
1.5.1.    Objectivo Geral.....	3
1.5.2.    Objectivos Específicos .....	3
1.6.    Perguntas da investigação .....	3
1.7.    Estrutura do trabalho.....	4
Capitulo II.....	5
2.    Revisão Bibliográfica .....	5
2.1.    Tecnologia dos alimentos .....	5
2.2.    Teoria de produção (Processamento de alimentos) .....	7
2.2.1.    Fase de beneficiamento .....	7
2.2.2.    Fase de elaboração .....	8
2.2.3.    Fase de preservação.....	9
2.2.4.    Fase de armazenamento .....	10
2.3.    Óleos de oleaginosas alimentares .....	11
2.3.1.    Fluxograma de processamento de uma semente oleaginosa.....	12
2.4.    Óleos vegetais como combustíveis .....	13
2.5.    Do óleo vegetal ao biodiesel .....	14
2.6.    Biodiesel .....	15

2.6.1.	Característica de um combustível .....	15
2.6.2.	Vantagens do biodiesel em relação aos derivados do petróleo .....	18
2.6.3.	Desvantagens do biodiesel em relação aos derivados do petróleo.....	18
2.6.4.	Biodiesel a nível Mundial .....	19
2.6.5.	Biodiesel em Moçambique.....	20
2.7.	Semente de mafurra .....	25
2.7.1.	Propriedades físico-químicas .....	25
2.8.	Extracção de óleo nas sementes .....	26
2.9.	Prensas como máquinas de extracção de óleos.....	28
2.9.1.	Prensa hidráulicas.....	28
2.9.2.	Prensa de parafuso(Expeller) .....	29
2.9.3.	Componentes eléctricos.....	33
Capitulo III.....		35
3.	Metodologia .....	35
3.1.	Fase de projecto informacional .....	35
3.2.	Fase de projecto conceitual .....	36
3.3.	Fase de projecto preliminar.....	37
Capitulo IV.....		39
4.1.	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....	39
4.1.1.	Fase de Projecto Informacional .....	39
4.1.2.	Fase Conceitual .....	43
4.1.3.	Fase de projecto preliminar .....	46
4.2.	Dimensionamento dos componentes.....	47
4.2.1.	Especificação da quantidade de sementes a ser processada .....	47
4.2.2.	Especificação de quantidade de óleo a ser obtida .....	48
4.2.3.	Pressão mínima para a extracção.....	48
4.2.4.	Potência de Accionamento .....	49
4.2.5.	Cálculo para a selecção do motor eléctrico .....	51
4.2.6.	Cálculo de potência de cada veio do esquema cinemático.....	52
4.2.7.	Torque no veio do órgão executivo.....	52
4.2.8.	Selecção do acoplamento .....	53
4.2.9.	Dimensionamento do órgão executivo .....	56
4.2.10.	Dimensionamento do invólucro .....	62
4.2.11.	Selecção dos rolamentos .....	63
4.2.12.	Selecção dos componentes do accionamento do motor .....	65

4.3. Plano de Manutenção .....	67
4.4. Estimativa de Orçamento .....	68
Capitulo V .....	69
5.1. Conclusões .....	69
5.2. Recomendações.....	70
Anexos .....	79
Apêndice .....	80

## **AGRADECIMENTOS**

Acima de tudo e de todos agradeço a Deus, pelo dom da vida e por sua obra na minha vida. Entendo que sem Ele, nada sou. Esse projecto só foi possível porque Ele, tem me sustentado, portanto, muito obrigado querido Deus.

A minha família, em especial aos meus pais, pelo apoio que sempre ministraram com alegria e por terem acreditado no meu potencial.

Ao professor Doutor Jorge Nhambiu, pela atribuição do tema e pelo acompanhamento dado durante a elaboração do trabalho.

Aos meus supervisores, Paxis Roque e Dionísio Langa, por estarem presentes a tempo inteiro para me desafiar a pensar melhor, e pela orientação oportuna que tornou possível a realização deste projecto.

A todos professores que contribuíram com seus ensinamentos e experiência, e por terem me desafiado a ser uma pessoa melhor tanto em conhecimento científico, assim como em ser uma pessoa preparada para os desafios da vida.

Aos meus colegas de curso que compartilharam, momentos difíceis que marcaram a nossa jornada.

A faculdade de engenharia da Universidade Eduardo Mondlane , que me acolheu, e me serviu de conhecimento necessário para a realização deste projecto.

O meu muito obrigado!

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho aos meus pais, José alberto Banze e Laura Pedro Munguambe e também aos meus irmãos , Bento José Banze e Núria José Banze pelo apoio oportuno concedido durante a minha jornada académica e por terem disponibilizado os recursos necessários durante os estudos.

## **DECLARAÇÃO DE HONRA**

Declaro, sob palavra de honra, que o presente trabalho de licenciatura foi realizado por mim, com base nos recursos que no mesmo se fazem referência.

---

José Alberto Banze Júnior

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1.Principais vegetais e o seu conteúdo de óleo .....	12
Tabela 2.2.: Algumas propriedades de gasóleo e biodiesel .....	18
Tabela 2.3.Comparação de Girassol , gergelim e mafurra.....	21
Tabela 2.4. Comparação de soja e amendoim.....	23
Tabela 2.5:Mafurreiras existentes em Moçambique .....	24
Tabela 2.6: Características físico-químicas do óleo de mafurra .....	26
<i>Tabela 2.7: Comparação da pressão obtida em função da razão de compressão .....</i>	<i>33</i>
Tabela 3.1:Metodologia PRODIP .....	35
Tabela 4.1: Conversão das necessidades dos usuários em requisitos dos usuários .....	40
Tabela 4.2:Diagrama de Mudge para valorização dos requisitos dos usuários .....	41
Tabela 4.3:Grau de importância segundo os potenciais usuário .....	42
Tabela 4.4:Requisitos do projecto.....	43
Tabela 4.5:Lista dos componentes .....	46
Tabela 4.6:Tipos de motoredotor .....	51
Tabela 4.7:Factores de serviço.....	53
Tabela 4.8: Parâmetros do parafuso sem fim.....	56
Tabela 4.9:Propriedades do aço .....	58
Tabela 4.10:Propriedades do rolamento .....	64
Tabela 4.11:Plano de manutenção .....	67
Tabela 4.12:Estimativa de orçamento.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1:Fases de producao de um alimento industrializado .....	7
Figura 2.2.:Operação de redução de tamanho para alimentos liquido. ....	9
Figura 2.3:Operação de redução de tamanho para alimentos solido.....	9
Figura 2.4:Algumas sementes oleaginosas .....	11
Figura 2.5: Sistema agroindustrial de soja.....	12
Figura2.6: Reação simplificada de transesterificação.....	14
Figura 2.7:Produtores de biodiesel.....	20
Figura 2.8: Semente de mafurra.....	25
Figura 2.9:Representação esquemática de uma prensa hidráulica .....	28
Figura 2.10:Bomba de Arquimedes .....	29
Figura 2.11: Desenho esquemático de prensa de parafuso .....	30
Figura 2.12: Parafuso com redução do passo.....	32
Figura 2.13: Parafuso com aumento do diâmetro .....	32
Figura 2.14: Contactora.....	32
Figura 2.14: Relé térmico.....	32
Figura 3.1:Actividades da fase informacional .....	36
Figura 3.2:Actividade da fase conceitual.....	37
Figura 3.3.:Actividades da fase do projecto preliminar .....	37
Figura 4.1:Prensa Exeller.....	44
Figura 4.2:Prensa expller .....	45
Figura 4.3:Esquema cinemática. ....	47
Figura 4.4:Motoreductor R87DZ100L4. ....	52
Figura 4.5:Acoplamento elástico .....	54
Figura 4.6:Chaveta.....	55
Figura 4.7:Detalhes do parafuso sem-fim.....	56
Figura 4.8:Orgão executivo .....	56
Figura 4.9: Diagrama do corpo livre.....	59
Figura 4.10: Diagrama de esforços internos .....	60
Figura 4.11: Cilindro submetido a pressão interna e externa.....	62
Figura 4.12: Rolamento esférico.....	63
Figura 4.13: Rolamento cónico.....	64
Figura 4.14: Botoeira.....	65
Figura 4.15: Circuito de accionamento.....	66



## **LISTA DAS ABREVIATURAS**

AJER – American Journal of Engineering Research

CAD - Computer Aided Design

CCP – Climate change programme

ECIRTEC- Equipamento e acessórios industriais

FQD – Fuel quality directive

JCL- Jatropha Crucas Linn

MADER - Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural

NA- Normalmente aberto

NF- Normalmente fechado

TG - Triglicéridos

UE – União europeia

PRODIP- Projecto de Desenvolvimento Integrado de Produtos

## LISTA DE SÍMBOLOS

### Simbologia romana

A	Área de secção transversal	mm <sup>2</sup>
D <sub>s</sub>	Diâmetro da semente	mm
d <sub>w</sub>	Diâmetro total	mm
E	Quantidade de óleo extraído	L/h
F <sub>a</sub>	Força axial	KN
F <sub>s</sub>	Factor de segurança	--
F <sub>t</sub>	Força tangencial	KN
g	aceleração de gravidade	m/s <sup>2</sup>
H <sub>ct</sub>	Folga invólucro-parafuso	mm
H <sub>t</sub>	Altura da rosca do parafuso	mm
I	Momento de inercia	m <sup>4</sup>
n	numero de rotações por minutos	1/s
L	Comprimento	mm
L <sub>c</sub>	Comprimento mínimo admissível para o esmagamento	mm
L <sub>cis</sub>	Comprimento mínimo admissível para o cisalhamento	mm
l <sub>f</sub>	Comprimento do filete	mm
P	Pressão	MPa
P <sub>cal</sub>	Potência calculada	KW
Q	fluxo mássico	Kg/h
R <sub>c</sub>	Razão de compressão	--
T	Torque	KNm
T <sub>1</sub>	Passo da rosca	mm
U <sub>g</sub>	Relação de transmissão	--

$V_f$	Volume do filete	$m^3$
-------	------------------	-------

**Simbologia grega**

$\mu_{ap}$	Viscosidade aparente	Pa.s
------------	----------------------	------

$\rho$	Massa especifica do aço inox	$Kg/m^3$
--------	------------------------------	----------

$\tau$	Tensão de cisalhamento	MPa
--------	------------------------	-----

$\sigma$	Tensão devido ao momento flector	MPa
----------	----------------------------------	-----

$\gamma_{ap}$	Razão de corte	1/s
---------------	----------------	-----

## RESUMO

A energia em suas diversas formas é imprescindível para a sobrevivência e o conforto humano. Isso explica a razão da preocupação das nações na busca de mais fontes de geração de energia. A fonte clássica de geração de energia é o combustível fóssil, este combustível é amplamente usado nos meios de transportes pesados e por não ser renovável tem a possibilidade de esgotar, e o pior é o facto de que a queima dos seus derivados produz grandes quantidades de poluentes atmosféricos como dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de nitrogénio e óxidos de enxofre que contribuem para vários problemas ambientais, tais como efeito estufa, aquecimento global e chuva ácida. Por conta dos desafios impostos a natureza, actualmente os investimentos estão em volta de fontes alternativas com vista a mitigar ou minimizar o impacto ambiental dos combustíveis fósseis.

O presente trabalho propõe o uso de semente de mafurra como fonte para a produção de biodiesel. Biodiesel é um combustível renovável produzido por meio de reações de transterificação de óleos vegetais. Para a obtenção de óleo da semente, foi projectada e dimensionada uma prensa de parafuso. Esta prensa possui um funcionamento contínuo o que facilita a mecanização do processo, possui um motoredutor para conferir maior força ao órgão executivo e com o esmagamento das sementes oleaginosas ocorre o rompimento das paredes da semente obtendo-se o óleo vegetal que quando processado produz o biodiesel.

**Palavra chave:** Prensa de parafuso, semente de mafurra, óleo vegetal, biodiesel.

## **ABSTRACT**

Energy in its various forms is essential for human survival and comfort. This explains why nations are concerned about finding more sources of energy generation. The classic source of energy generation is fossil fuel, this fuel is widely used in heavy transport and as it is not renewable it has the possibility of running out, and the worst thing is the fact that the burning of its derivatives produces large amounts of atmospheric pollutants such as carbon dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxides and sulfur oxides that contribute to various environmental problems such as the greenhouse effect, global warming and acid rain. Due to the challenges imposed on nature, investments are currently focused on alternative sources with a view to mitigating or minimizing the environmental impact of fossil fuels.

The present work proposes the use of mafurra seeds as a source for the production of biodiesel. Biodiesel is a renewable fuel produced through transesterification reactions of vegetable oils. To obtain oil from the seed, a screw press was designed and dimensioned. This press has continuous operation, which facilitates the mechanization of the process, it has a gear motor to provide greater strength to the executive organ and with the crushing of the oilseeds the walls of the seed are broken, obtaining vegetable oil which, when processed, produces biodiesel. .

**Keywords:** Screw press, mafurra seed, vegetable oil, biodiesel.

# Capítulo I

## 1.1. Introdução

Por um longo período da história da humanidade, o trabalho era feito apenas pela força muscular. Depois, a força animal surgiu para alguns serviços de tracção, ampliando assim a capacidade de realização de alguns serviços. Por fim, com a introdução de mecanização e de sua evolução as tarefas realizadas alcançaram patamares de produtividade jamais vistos até então [27].

A mecanização de processos industriais é resultado da projecção mecânica. E a projecção mecânica, é feita para melhorar os processos de produção, sendo comum sua utilização para o aumento da produção através da implementação de máquinas no processo, melhoria de equipamentos, máquinas, ergonomia de actividades, segurança do trabalho, adaptação a normas, e inovação.

A projecção de uma prensa para extracção de óleo da semente da mafurra, responde a necessidade da mecanização industrial em Moçambique, e também possui a componente inovadora visto que, a trituração da semente tem como objectivo à extracção de óleo da semente para posterior produção de combustível biodegradável.

Os combustíveis são substâncias capazes de libertar alta quantidade de energia, na forma de calor, ao reagir com um material comburente, geralmente o gás oxigénio, em uma reacção de combustão [28]. Essa energia libertada em forma de calor, pode ser convertida em energia mecânica para a realização do trabalho (veículos a motor) e também pode ser transformada em energia eléctrica.

Os combustíveis são imprescindíveis para os veículos de motor de combustão interna. Por isso, não se mede esforço pela busca de outras fontes de combustíveis, claro, renováveis. E nessa busca, tem-se a semente de mafurra que quando triturada e esmagada, liberta óleo que poderá ser usado para produção de biodiesel.

Biodiesel é a denominação genérica atribuída ao biocombustível proveniente da reacção entre óleos e álcoois, em processos de transesterificação, na qual é gerado ésteres comburentes com qualidades e especificações compatíveis com o diesel fóssil, tendo ainda como subproduto a glicerina [10].

Portanto, este projecto consiste na projecção de uma prensa para trituração da semente de mafurra, com vista à extracção do óleo da semente, que será usado para a produção de biodiesel, provendo desse jeito uma alternativa ao uso de combustíveis fósseis que são naturalmente inimigos do meio ambiente.

## **1.2. A importância ou razões que motivam o estudo**

A busca por novas fontes de energia, sobretudo renováveis é uma realidade no mundo inteiro, inclusive em Moçambique. E uma vez que a energia não pode ser criada ou armazenada, mas sim, transformada, surge a necessidade de olhar-se para os recursos que o país possui e efectuar a devida transformação dos recursos existentes em outros como a energia eléctrica ou combustíveis.

A mafurra é uma fruta abundante em Moçambique, e em contrapartida o combustível como gasolina, e gasóleo são importados. Sendo a semente da mafurra altamente oleaginosa, isso proporciona um campo de estudo para a produção de biodiesel. E para produzir biodiesel, é necessário a extracção do óleo na semente. Portanto, este trabalho visa projectar uma prensa com vista à trituração da semente, extraindo assim o óleo para posterior uso na produção de biodiesel.

## **1.3. Problemática**

Moçambique, importa todo combustível fóssil usado na área dos transportes, na agricultura e na indústria em geral. O combustível fóssil para além de ser inimigo do meio ambiente, não é renovável. Por outro lado, Moçambique produz muita mafurra que é somente aproveitada a polpa gordurosa por ser comestível, e a semente é tratada como lixo. A falta de equipamentos para o processamento da semente com vista a produção de biodiesel a nível das comunidades ou industrial, tem originado total desperdício dessa semente oleaginosa.

## **1.4. Problema**

Como extrair óleo da semente de mafurra para posterior produção de biodiesel?

## **Objecto de estudo**

Máquina de extracção de óleo de semente de mafurra.

### **1.5. Objectivos**

#### **1.5.1. Objectivo Geral**

- ✓ Projectar uma prensa de parafuso para a extracção de óleo da semente de mafurra para a produção de biodiesel.

#### **1.5.2. Objectivos Específicos**

- ✓ Avaliar o nível de aplicação da prensa na indústria alimentar a nível mundial;
- ✓ Caracterização dos tipos de prensas usadas na industria alimentar;
- ✓ Estudar a constituição da prensa de extracção de óleo;
- ✓ Dimensionar os elementos constituintes da prensa.

### **1.6. Perguntas da investigação**

- ✓ Quais são as características das prensas usadas na indústria?
- ✓ Quais são os elementos que constituem uma prensa de parafuso?
- ✓ Qual é a força necessária para a trituração da semente de mafurra?
- ✓ Que elementos de transmissão são necessários para se conseguir a força mínima para a trituração da semente?
- ✓ Como detectar a presença de elementos não desejado no processo da trituração?
- ✓ O projecto é economicamente viável?

## 1.7. Estrutura do trabalho

O presente trabalho possui a seguinte estrutura:

**CAPITULO I: Introdução-** é feita a introdução do trabalho, analisa-se a importância ou razões que motivam o estudo, a problemática, o objecto de estudo, os objectivos, as perguntas de investigação e estrutura de trabalho.

**CAPITULO II: Revisão de literatura-** São apresentados os conceitos teóricos relevantes para a elaboração do projecto, começando da Tecnologia dos, avançando para análise de sementes oleaginosas, da possibilidade de serem usadas para a produção de biodiesel, e terminando com a teoria relacionada à prensas, sendo essas máquinas responsáveis pela extracção do óleo da semente, que é o objecto de estudo desse trabalho.

**CAPITULO III: Metodologia da resolução do problema-** é apresentado a metodologia denominada PRODIP (Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos), essa metodologia divide a resolução do problema em três fases, a saber: projecto informacional, projecto conceitual e projecto Preliminar.

**CAPITULO IV: Apresentação, análise e discussão dos resultados-** são apresentados os resultados do desenvolvimento do projecto, também é apresentado o estudo de viabilidade do projecto e por fim é apresentado a discussão pertinente para a elaboração do projecto.

**CAPITULO V: Conclusões e recomendações-** são apresentadas as conclusões e as recomendações para projectos futuros.

## Capítulo II

### 2. Revisão Bibliográfica

#### 2.1. Tecnologia dos alimentos

A tecnologia alimentar é o veículo entre a produção e o consumo dos alimentos e se ocupa de sua adequada manipulação, elaboração, preservação, armazenamento e comercialização.

De um modo geral, a ciência e tecnologia de alimentos está alicerçada em quatro áreas fundamentais: Nutrição, Química, Biologia e Engenharia.

- ✓ **Nutrição** - A Nutrição, tem por fim a pesquisa das necessidades básicas em nutrientes para cada pessoa, bem como oferecer ao povo conhecimentos básicos dos princípios de nutrição indispensável à manutenção da saúde.
- ✓ **Química** - A Química tem por tarefa controlar todas as transformações que ocorrem desde a colheita e armazenamento da matéria-prima até as fases do processamento e armazenamento dos produtos.
- ✓ **Biologia** - A finalidade deste campo é fornecer uma matéria-prima sadia, principalmente, com grande rendimento para a industrialização. Neste particular, a Genética e o Melhoramento de Plantas e Animais desempenham papel de relevo quando cruzados com as ciências tecnológicas.
- ✓ **Engenharia** - Os conhecimentos das operações unitárias e princípios de Engenharia (trituração, transferência de calor, de massa, filtração, centrifugação, refrigeração, desidratação e destilação.) são necessários ao tecnólogo de alimentos para que possa compreender as fases do processamento da matéria-prima.

#### Objectivos e aplicações da tecnologia de alimento

- ✓ Aumento do período durante o qual o alimento permanece adequado para o consumo, vida de prateleira;
- ✓ Aumento da variedade da dieta e inclui a modificação da forma do alimento para o consumo ou para permitir outros processamentos;

- ✓ Aumento da flexibilidade na preparação doméstica das refeições e a facilidade de consumo em locais distantes e inclui pratos prontos;
- ✓ Fornecimento de nutrientes necessários para a saúde e incrementar a qualidade nutritiva dos alimentos e gerar lucro para os fabricantes;
- ✓ Aumento do valor nutritivo dos alimentos pela inclusão de nutrientes (proteínas, vitaminas e minerais);
- ✓ Obtenção do máximo de aproveitamento dos recursos nutritivos existentes actualmente na terra e buscar outros, a partir de fontes até agora não exploradas;
- ✓ Preparação de produtos para indivíduos com necessidades nutritivas especiais, como crianças, idosos, diabéticos, etc.;
- ✓ Desenvolvimento de produtos prontos, já que é cada vez mais necessária a saída das mulheres para buscar opções de renda extra;
- ✓ Distribuição mais uniforme dos alimentos durante todas as estações e épocas do ano;
- ✓ Aumento de vida útil dos produtos alimentícios, facilitando o seu armazenamento;
- ✓ Desenvolvimento de embalagens mais resistentes e apropriadas;
- ✓ Segurança quanto às condições higiênico-sanitárias dos alimentos, diminuindo os riscos de infecção.

## 2.2. Teoria de produção (Processamento de alimentos)

O processamento para a elaboração de alimentos industrializados possui várias fases, desde a selecção da matéria-prima até o armazenamento dos produtos. (Ver figura 2.1.)



Figura 2.1: Fases de produção de um alimento industrializado.  
Adaptado[30]

### 2.2.1. Fase de beneficiamento

A fase de beneficiamento caracteriza-se pelo conjunto de manobras preliminares que segundo sua origem e destino consiste, de um modo geral, na sua limpeza, separação de partes não comestíveis e a sua armazenagem.

#### Preparação de Matérias-primas

Toda matéria-prima deve passar por um processo de limpeza antes do seu processamento. O propósito é remover os contaminantes, areia, insetos, etc. Isto é essencial para proteção do processo e dos equipamentos assim como um produto final seguro para o consumo.

**Limpeza** - pode ser a seco com jacto de ar através de peneiras, ou com a utilização de spray de água em esteiras de roletes.

**Seleção** - é o processo de verificação e separação da matéria-prima imprópria que deve ser descartada, ou reprocessada.

**Classificação** - é a operação de separação dos lotes diferentes, mas que estão perfeitamente sadios para processamento ou consumo (tamanho, coloração, ponto de maturação, etc.).

**Descascamento** - utilizado para matéria-prima natural de legumes e frutas, que pode ser feito manualmente, com vapor ou água quente, meios mecânicos, congelamento, etc., dependendo do tipo de matéria prima e o destino final do processamento.

### **2.2.2. Fase de elaboração**

A fase de elaboração é a etapa mais importante na fabricação, pois é nessa fase onde os processos tecnológicos serão aplicados nos alimentos básicos (matérias-primas), sendo possível obter uma extrema variedade de produtos [30].

Pode-se destacar os principais processos tecnológicos utilizados na fase de elaboração:

- ✓ Processos físicos como moagem, trituração, esmagamento ou prensagem e aplicação de calor;
- ✓ Processos químicos como extração por solvente, emprego de aditivos e salga;
- ✓ Processos físico-químicos como refinação, hidrólise, dissolução, emulsificação;
- ✓ Processos biológicos como fermentação e maturação.

#### **Processo de redução de tamanho**

Em muitos processos na indústria de alimentos pode haver a necessidade de reduzir o tamanho dos alimentos sólidos utilizando para isto, forças mecânicas através de equipamentos próprios. Esta redução pode vir a dar origem a um produto como, farinha a partir de grãos de milho e trigo ou, preparar o alimento para a próxima operação como no caso de sumos de frutas e de legumes [30].

Com a moagem a superfície do sólido é aumentada com a redução do tamanho facilitando outros processos como a secagem, extração, homogeneização. A operação unitária de trituração e moagem deve levar em consideração as características do produto a ser processado e dos equipamentos empregados.

Em geral os principais equipamentos utilizados para esta operação são: trituradores de rolos, moinhos de martelo, de disco, coloidal, de bolas ou de barras. As forças mecânicas utilizadas por estes equipamentos, são as de compressão, impacto e cisalhamento.

- a) Nos alimentos semilíquidos, as operações de redução são: emulsificação e homogeneização.

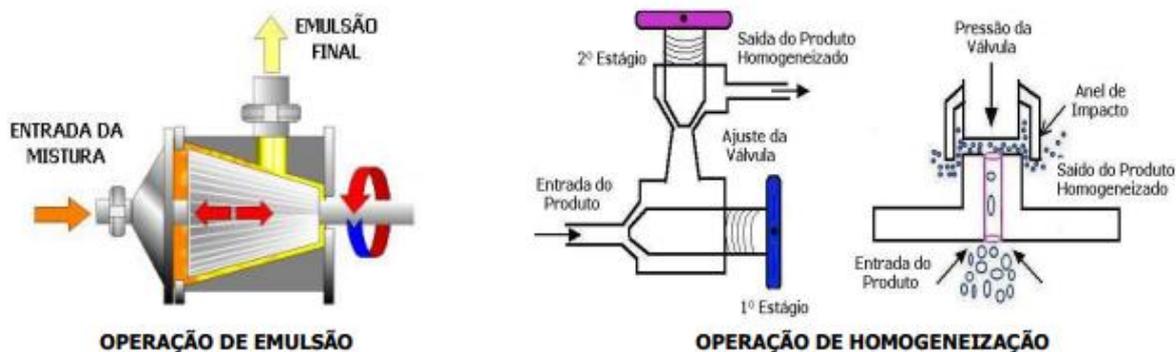


Figura 2.2.: Operação de redução de tamanho para alimentos líquido[30].

b) Nos alimentos sólidos, as operações de redução são: moagem ou trituração e esmagamento.



Figura 2.3.: Operação de redução de tamanho para alimentos sólido[30].

### 2.2.3. Fase de preservação

Na fase de preservação e conservação os processos são aplicados visando a eliminação das microbactérias patogênicas, bem como a inativação de enzimas produtoras de alterações. Com isso, as indústrias de alimentos podem garantir que seus produtos tenham um tempo de vida útil maior.

#### **2.2.4. Fase de armazenamento**

A fase de armazenamento consiste em manter o alimento livre de deterioração. Alterações provocadas por temperatura alta ou baixa, pela humidade ou mesmo ar atmosférico e pela absorção de odores estranhos, contribuem para diminuir a vida de prateleira dos alimentos industrializados.

#### **Operação de embalagem e armazenagem**

As funções principais de uma embalagem são: conter e proteger o alimento contra uma série de perigos que pode comprometer a sua qualidade durante a distribuição e armazenamento. A embalagem também desempenha um papel importante na negociação de vendas e ainda deve conter informações úteis ao consumidor. A função de proteção é a considerada a mais importante, tendo relação directa com a segurança do consumidor. Neste aspecto, as propriedades de barreira contra a acção de factores ambientais representam um papel de grande importância na estabilidade de alimentos durante a embalagem[5].

A qualidade dos produtos alimentícios depende directamente de factores de natureza química, física e biológica, que actuam sobre o alimento durante o período de tempo entre sua produção e seu consumo, que é denominado vida-de-prateleira do alimento. Neste contexto, a embalagem é de importância fundamental. Uma das principais funções da embalagem é entregar ao consumidor um alimento com o mesmo nível de qualidade dos produtos frescos ou recém-preparados, devido à sua capacidade de protegê-los contra agentes deteriorantes, infectantes e sujidades. Ela actua como uma barreira física de proteção para o produto contra o contato directo com o meio ambiente, evitando contaminações, manuseio inadequado, falta de higiene e perda das características próprias do produto. Uma boa embalagem deve também ser resistente ao produto nela contido durante o processamento e/ou armazenamento, não cedendo elementos de sua composição ao alimento, sejam estes nocivos ou não ao homem ou ao próprio alimento. O critério usado para garantir a segurança de produtos alimentícios embalados está relacionado com as interações embalagem/produto durante o período de tempo anterior ao uso final pelo consumidor [5].

### 2.3. Óleos de oleaginosas alimentares

As sementes oleaginosas constituem matéria-prima essencial na produção de óleos que, após refinação, originam os óleos alimentares [13].

Para a produção do óleo bruto é importante conhecer as condições de armazenamento dos grãos e também o tipo de silo, pois suas propriedades químicas podem ser alteradas refletindo no rendimento e na qualidade do produto final. As sementes passam por uma **pré-limpeza** antes do armazenamento e caso haja uma camada de fibra em volta da semente, ela passará por um processo chamado **descorticação**. Depois de desfibrada, a semente passa por um **descascamento**. A obtenção de óleos das sementes é facilitada por **trituração e laminação** que promove um rompimento do tecido e das paredes das células, diminuindo a distância entre o centro da semente e sua superfície, aumentando a saída de óleo [5].

A extração do óleo bruto é feita mecanicamente com prensas contínuas ou de parafuso. As vantagens desse processo é o baixo custo inicial de operação; não emprega solvente e produz um óleo que pode ser consumido sem necessidade de refino [5].



Figura 2.4: Algumas sementes oleaginosas. fonte [13]

A Tabela 2.1 apresenta os principais vegetais oleaginosos e a percentagem de seu conteúdo de óleo.

Tabela 2.1.principais vegetais e o seu conteúdo de óleo [5]

Material oleaginoso	Conteúdo em óleo (%)
Mafurra	55-65
Gergelim	50-55
Amendoim	45-50
colza	40-45
Girassol	35-45
soja	18-20

### 2.3.1. Fluxograma de processamento de uma semente oleaginosa.

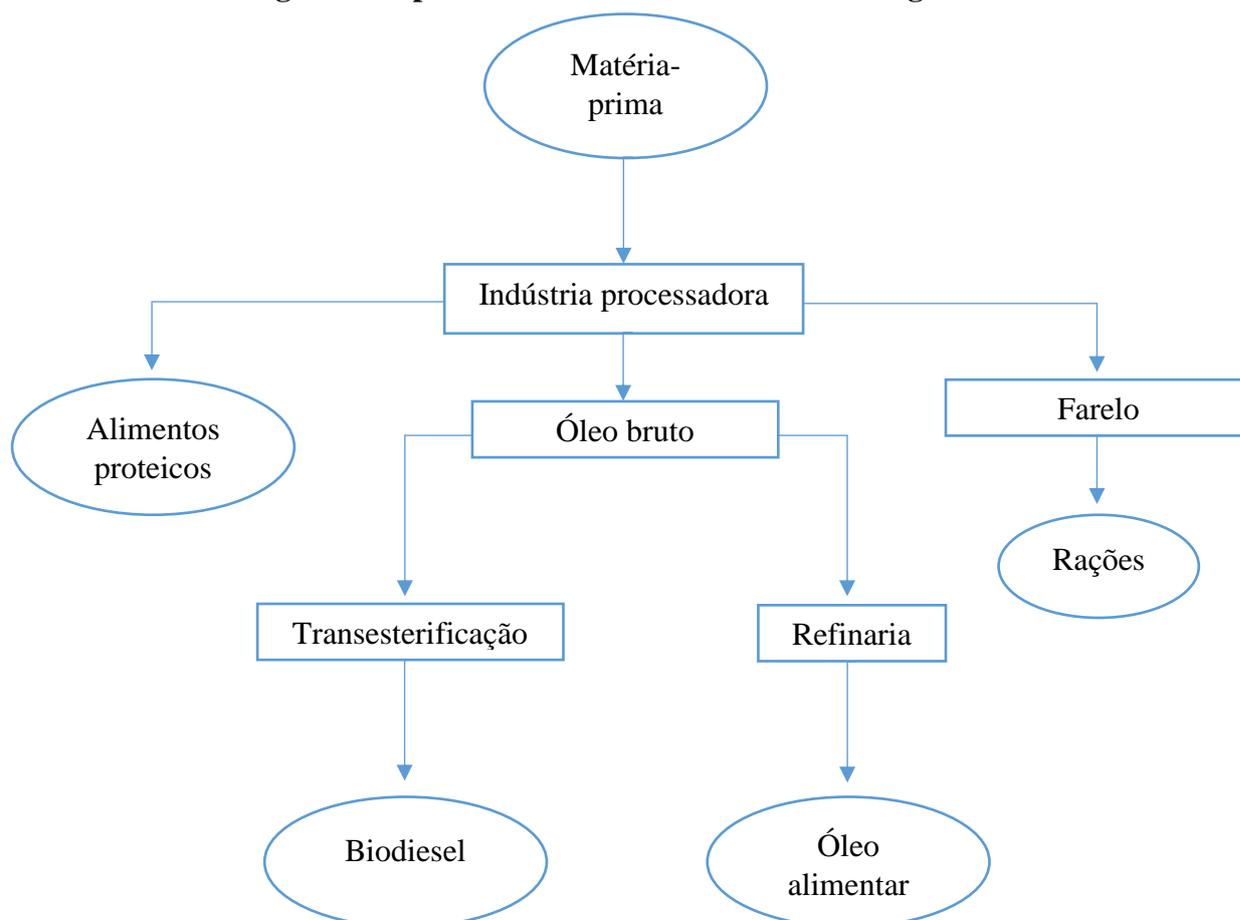


Figura 2.5: Sistema agroindustrial de soja fonte: elaborado pelo autor a partir de[23]

## 2.4. Óleos vegetais como combustíveis

Apesar de apenas recentemente ter surgido uma aposta na utilização de combustíveis alternativos, a saber, o biodiesel, a verdade é que a utilização de óleos vegetais e gorduras animais já tinha estado na ordem do dia na década de 70 e início dos anos 80 devido à crise energética da altura. Contudo, essa não foi a primeira vez que se manifestou interesse na utilização de matérias-primas não derivadas de petróleo no sector dos transportes. Rudolf Diesel, inventor do motor diesel revela, no seu livro “Liquid Fuels”, ter visto durante a exposição de Paris de 1900, um motor da companhia francesa Otto, que funcionou com óleo de amendoim. O motor, que tinha sido construído para operar a gásóleo funcionou com óleo de amendoim sem que este tivesse sofrido qualquer tipo de alteração. A ideia de se utilizar óleo de amendoim partiu do governo francês, uma vez que este abundava nas suas colónias africanas, e assim estas poderiam ser fornecidas com energia da sua própria indústria, sem que fosse necessário importar carvão ou combustíveis líquidos [11].

É possível encontrar na literatura, até 1940, o uso de óleo de amendoim para fornecer as colónias tropicais europeias com um certo grau de autossuficiência, especialmente em África. Também o óleo de palma foi muitas vezes considerado para motores diesel. A maioria dos grandes países europeus com colónias em África, tais como França, Itália, Reino Unido e Bélgica, com Portugal a fazer a exceção, tiveram diferentes interesses em combustíveis de óleo vegetal na época [11].

A chegada da segunda guerra mundial, e a diminuição das trocas comerciais sentidas na altura, fez com que muitos países começassem a procurar alternativas aos derivados de petróleo, e encarassem os próprios recursos como uma mais-valia. Motivados pelos acontecimentos da segunda guerra mundial, investigadores na Índia alargaram as suas pesquisas para a utilização de óleos vegetais como combustíveis para o desenvolvimento nacional. Também nos Estados Unidos a escassez de combustíveis derivados de petróleo fez com que se investigasse sobre a possibilidade da utilização do óleo da semente de algodão, do óleo de milho e das suas misturas com gásóleo. Contudo, quando o preço dos derivados do petróleo diminuiu todos os estudos foram abandonados [11].

## 2.5. Do óleo vegetal ao biodiesel

Embora os óleos vegetais tenham sido considerados como uma alternativa ao gasóleo, a sua utilização apresenta algumas limitações relacionadas, com a sua elevada viscosidade. Os óleos vegetais, assim designados por se extraírem de plantas e frutos, são maioritariamente constituídos por triglicéridos (TG) podendo também existir ácidos gordos livres na sua constituição. Quimicamente, os TG são compostos por ésteres de ácidos gordos e glicerol assim, cada ácido gordo, cadeia carbonada do triglicérido, liga-se através de um átomo de oxigénio e um grupo carbonilo à molécula de glicerol, formando o triglicérido. Como diferentes ácidos gordos se podem ligar à molécula de glicerol, também diferente será a composição em ácidos gordos do óleo vegetal e, como estes têm diferentes propriedades físicas e químicas, o perfil de ácidos gordos torna-se no parâmetro de maior influência nas propriedades de um óleo vegetal [11].

A conversão dos TG presentes nos óleos vegetais em compostos de menor viscosidade tem sido considerada como uma alternativa viável para a obtenção de um biocombustível com propriedades semelhantes ao gasóleo podendo, portanto, ser utilizado como aditivo ou substituto deste combustível fóssil. Esse biocombustível, denominado biodiesel, é obtido a partir de uma reacção química conhecida como transesterificação. Nesta reacção o óleo vegetal é feito reagir, na presença de um catalisador, com um álcool (normalmente metanol), originando assim os ésteres alquílicos, biodiesel, e como subproduto o glicerol [11].

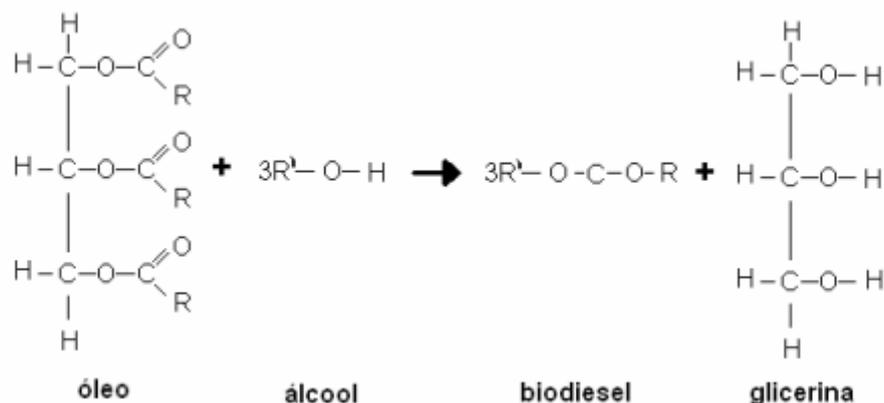


Figura2.6: Reacção simplificada de transesterificação[8].

## **2.6. Biodiesel**

O biodiesel é uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos produzidos por transesterificação de óleos vegetal ou gordura animal com álcoois de cadeia curta, geralmente o metano. Isso torna o biodiesel compatível para utilização em motores à diesel [14].

Por sua vez a mistura de biodiesel e óleo diesel mineral, recebe o nome Ecodiesel, em que a mistura ocorre em proporções ajustada de forma a resultar na minimização dos efeitos nocivos ao ambiente. É oportuno salientar que a diferenciação conceitual entre biodiesel e ecodiesel, provém das vantagens ecológicas que o biodiesel, como coadjuvante em misturas, induz ao diesel mineral, uma melhoria das suas características quanto as emissões para a atmosfera dos gases resultantes da combustão [24].

### **2.6.1. Característica de um combustível**

A viabilidade técnica de um combustível para motores diesel deve ser vista sob os seguintes grupos de factores:

- ✓ Combustibilidade;
- ✓ Impactos Ambientais das Emissões;
- ✓ Compatibilidade ao Uso;
- ✓ Compatibilidade ao Manuseio.

A combustibilidade de uma substância, proposta como um combustível, diz respeito ao seu grau de facilidade em realizar a combustão no equipamento na forma desejada, na produção de energia mecânica mais adequada. Em motores diesel a combustibilidade relaciona-se as seguintes propriedades essenciais do combustível: poder calorífico e o índice de cetano. A viscosidade cinemática e a tensão superficial, pelo facto de definirem a qualidade de pulverização na injeção do combustível, participam também como factores de qualidade na combustão [24].

Os impactos ambientais das emissões constituem uma característica básica importante pois a fauna e a flora precisam ser preservadas. O teor de enxofre e de hidrocarbonetos aromáticos, além da combustibilidade, são características importantes inerentes aos impactos das emissões. A compatibilidade ao uso diz respeito a longevidade, não somente do motor como dos seus componentes, representada pela lubricidade e pela corrosividade, sendo esta última, definida principalmente pelo teor de enxofre e pela acidez do combustível [24].

A compatibilidade ao manuseio, diz respeito aos transportes, aos armazenamentos e a distribuição do combustível, sendo a corrosividade, e o ponto de fulgor as propriedades mais importantes. No inverno dos países mais frios, o ponto de fluidez torna-se também uma importante propriedade, sinalizando para a adição de aditivos anticongelantes [24].

## **Propriedades físicas**

### **1- Viscosidade e densidade**

As propriedades hidrodinâmicas de um combustível, importantes no que diz respeito ao funcionamento de motores de injeção por compressão (motores diesel), são a **viscosidade** e a **densidade** [24]. Tais propriedades exercem grande influência na circulação e injeção do combustível.

Felizmente, as propriedades hidrodinâmicas do biodiesel, independentemente de sua origem, assemelham-se as do óleo diesel mineral, significando que não é necessária qualquer adaptação no sistema de injeção dos motores [24].

### **2- Lubricidade**

A lubricidade é uma medida do poder de lubrificação de uma substância, sendo uma função de várias de suas propriedades físicas, destacando a viscosidade e a tensão superficial.

Diferentemente dos motores movidos a gasolina, os motores a óleo diesel exigem que o combustível tenha propriedades de lubrificação, especialmente, em razão do funcionamento da bomba, exigindo que o líquido que escoar lubrifique adequadamente as suas peças em movimento [24].

### **3- Ponto de Névoa e de Fluidez**

O ponto de névoa é a temperatura em que o líquido, por refrigeração, começa a ficar turvo, e o ponto de fluidez é a temperatura em que o líquido não mais escoar livremente.

Tanto o ponto de fluidez como o ponto de névoa do biodiesel variam segundo a matéria prima que lhe deu origem, e ainda, o álcool utilizado na reação de transesterificação.

Estas propriedades são consideradas importantes no que diz respeito à temperatura ambiental onde o combustível será armazenado e utilizado.

#### **4- Ponto de Fulgor**

É a temperatura em que um líquido torna -se inflamável em presença de uma chama ou faísca. Esta propriedade somente assume importância no que diz respeito à segurança nos transportes, manuseios e armazenamentos [24].

O ponto de fulgor do biodiesel, se completamente isento de metanol ou etanol, é superior à temperatura ambiente, significando que o combustível não é inflamável nas condições normais onde ele é transportado, manuseado e armazenado, servindo inclusive para ser utilizado em embarcações [24].

#### **5- Poder Calorífico**

O poder calorífico de um combustível indica a quantidade de energia desenvolvida pelo combustível por unidade de massa, quando ele é queimado. No caso de um combustível de motores, a queima significa a combustão no funcionamento do motor.

O poder calorífico do biodiesel é muito próximo do poder calorífico do óleo diesel mineral. A diferença média em favor do óleo diesel do petróleo situa -se na ordem de somente 5%. Entretanto, com uma combustão mais completa, o biodiesel possui um consumo específico equivalente ao diesel mineral [24].

#### **6- Índice de Cetano**

O índice de cetano ou cetanagem dos combustíveis está para motores do ciclo Otto, da mesma forma que o índice de cetano ou cetanagem está para os motores do ciclo Diesel. Portanto quanto maior for o índice de cetano de um combustível, melhor será a combustão desse combustível num motor diesel [24].

O índice de cetano médio do biodiesel é 60, enquanto para o óleo diesel mineral a cetanagem situa -se entre 48 a 52, bastante menor, sendo esta a razão pelo qual o biodiesel queima muito melhor num motor diesel que o próprio óleo diesel mineral [24].

## Propriedades químicas

### 1-Teor de Enxofre

Como os óleos vegetais e as gorduras de animais não possuem enxofre, o biodiesel é completamente isento desse elemento. Os produtos derivados do enxofre são bastante danosos ao meio ambiente, ao motor e seus pertences [24].

Depreende-se que o biodiesel é um combustível limpo, enquanto o diesel mineral, possuindo enxofre, danifica a flora, a fauna, o homem e o motor.

### 2- Poder de Solvência

O biodiesel, sendo constituído por uma mistura de ésteres de ácidos carboxílicos, solubiliza um grupo muito grande de substâncias orgânicas, incluindo-se as resinas que compõem as tintas. Dessa forma, cuidados especiais com o manuseio do biodiesel devem ser tomados para evitar danos à pintura dos veículos, nas proximidades do ponto ou bocal de abastecimento [24].

#### 2.6.2. Vantagens do biodiesel em relação aos derivados do petróleo

- ✓ É biodegradável
- ✓ Reduz as emissões de gases com efeito de estufa
- ✓ O armazenamento e transporte é mais seguro, por conta do seu alto ponto de inflamação

#### 2.6.3. Desvantagens do biodiesel em relação aos derivados do petróleo

- ✓ Baixa fluidez;
- ✓ Baixa estabilidade quando exposto ao ar.

Tabela 2.2.: Algumas propriedades de gasóleo e biodiesel

Propriedade	Gasóleo	Biodiesel
Densidade a temperatura ambiente	0,838	0,882
Viscosidade cinemática 40 °C	3,50	4,32
Ponto de inflamação °C	71	175
Índice de acidez (mg KOH/g)	0,53	0,8
Energia de combustão, MJ/Kg	50,99	42,61
Teor de enxofre total (% m/m)	0,134	0,000

Fonte [7]

#### 2.6.4. Biodiesel a nível Mundial

Em março de 2023 a produção de biodiesel no Brasil, aumentou em 2%, isso implica saltar de 6,3 bilhões de litros, em 2022, para 7,4 bilhões em 2023. Sendo que a principal matéria-prima do biodiesel no Brasil é o **óleo de soja** [31].

O biodiesel não pode ser encarado apenas como um combustível. É preciso entendê-lo como um fator de limpeza da matriz energética, com potencial para preservar o ambiente e a saúde das pessoas.

Em Brasil a soja em grãos é processada para a produção de farelo, destinado principalmente a indústria de aves e suínos, e cerca de 70% para a produção de biodiesel [31].

Na Europa espera-se que haja um aumento de 3% na produção de biodiesel no período de 2020-2025. Factores como preocupações com o meio ambiente, preço do petróleo, segurança energética, diversidade de combustíveis e sustentabilidade, e há um interesse considerável em toda Europa em fontes renováveis, provavelmente impulsionarão o mercado de biodiesel na região. Além disso, em 2019, a União Europeia (UE) e o pacto de mudanças climáticas (CCP) com a directiva de qualidade do combustível (FQD) anunciaram que as metas obrigatórias para 2020 são de 20% para energia renovável à matriz energética geral da UE e uma meta de combinação de 10% de energia renovável para o setor de transporte. Isso, por sua vez, os factores acima provavelmente impulsionarão o mercado europeu de biocombustíveis durante o período de previsão.

A Europa é o maior consumidor de biocombustíveis na forma de biodiesel e etanol. Em 2019, o total de misturas de biodiesel com combustíveis fósseis foi de 6,4%. Na Europa, o biodiesel é usado como mistura de 20% de total de combustível fóssil. Portanto, com o aumento da produção e do consumo de óleo vegetal, espera-se que o mercado de biocombustíveis se impulsione durante o período de previsão 2019-2025 [29].

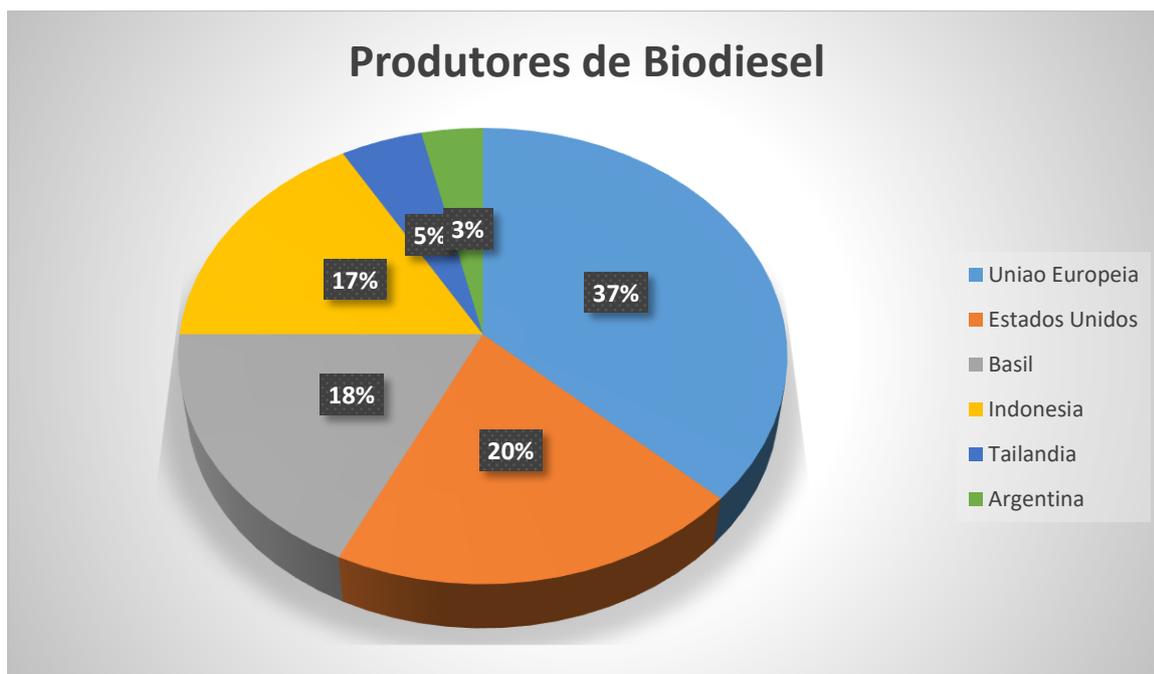


Figura 2.7: Produtores de biodiesel fonte: BiodieselBR.com adaptado pelo autor

#### 2.6.5. Biodiesel em Moçambique

Historicamente o diesel é o combustível mais consumido em Moçambique, uma vez que, além do sector dos transportes, ele é usado nas áreas rurais para electrificação da população mais carente na realização de trabalhos em sectores básicos para sobrevivência da população como agricultura (funcionamento de bombas para irrigação), abastecimento de água e centro de saúde. No período de 2000 a 2011, o consumo de diesel praticamente duplicou, passando de 2.282,43 m<sup>3</sup> para 6.969,25 m<sup>3</sup> [26].

Por forma a minimizar as importações de combustíveis fósseis, em 2012 a mistura de biocombustíveis na gasolina e no gasóleo tornou-se obrigatória em Moçambique, uma vez que o país dispunha de reservas suficientes para garantir o estipulado. O decreto lei 58/2011 estipula que 10% de etanol seja adicionado à gasolina e 3% de biodiesel seja incorporado no gasóleo. Com a entrada em vigor deste decreto de lei, aproximadamente 17 mil euros podem ser poupados anualmente, resultante da substituição de importações [16].

Em 2009 um projecto da Galp Energia, assente em princípios de sustentabilidade ambiental, alcançou progressos significativos com o cultivo das primeiras parcelas experimentais de *jatropha curcas* Linn. Este projecto previa o desenvolvimento de um polo agroindustrial para a produção, comercialização e distribuição de biocombustíveis, não só através do óleo extraído

da *Jatropha curcas* Linn mas também do óleo de palma, duas culturas energéticas que não entram em conflito com a cadeia alimentar e promovem o aproveitamento de solos pobres com menor potencial agrícola [20].

O uso da *Jatropha*, como combustível foi um fracasso devido aos custos de transformação das sementes em biocombustível, as particularidades do seu armazenamento, ao desempenho como combustível, entre outros factores.

Por exemplo, o armazenamento do óleo de *Jatropha*, requer um local frio e escuro, uma premissa que não facilita a sua massificação, principalmente fora dos centros urbanos.

Outro factor que não abona a favor do uso da *Jatropha* como combustível é a quantidade de sementes que são necessárias para obter, por exemplo, a produção de 20 litros do biocombustível, requer 100 quilogramas de *Jatropha* [9]. Isso torna a produção do biodiesel a base de *Jatropha* não viável.

### Matérias-primas para produção de biodiesel

As matérias-primas para a produção de biodiesel disponíveis em Moçambique são: Girassol, gergelim, soja, amendoim, *Jatropha* e mafurra. Para melhor avaliação da viabilidade de uso de uma dessas culturas, far-se-á uma descrição comparativa em função de aptidão edafo-climática (a presença de solos e climas favoráveis a produção), do impacto socio-económico e ambiental, e do custo de produção [26].

Tabela 2.3. Comparação de Girassol, gergelim e mafurra. fonte [26]

	<b>Girassol</b>	<b>Gergelim</b>
<b>Aptidão edafo-climática</b>	As províncias do centro do país como Sofala e Manica, possuem as melhores condições agroecológicas para a cultura de girassol.	O gergelim é actualmente cultivado no Centro e Norte do país.
<b>Impacto socio-económico</b>	Actualmente o girassol é utilizado para a produção de óleo alimentar pelas pequenas fábricas existentes na zona centro e norte do país. A sua	O gergelim, à semelhança do girassol, é utilizado para a produção de óleo alimentar em pequena escala. O seu óleo é muito apreciado para o

	importância económica particularmente para os camponeses de baixa renda, desencoraja a sua utilização imediata para biodiesel.	consumo humano. Por outro lado, também é utilizado para a exportação.
<b>Custo de produção</b>	A utilização do girassol como matéria-prima para produção do biodiesel pode afectar a segurança alimentar e nutricional, se não houver aumento significativo da produção e da produtividade	Os preços deste produto, influenciados pelas exportações, são relativamente altos, atingindo níveis médios de 395,000.00 Mt/tonelada. O que assegura um impacto positivo.
<b>Mafurra</b>		
<b>Aptidão edafo-climática</b>	A mafurra é uma oleaginosa utilizada para a extracção de óleo e produção de sabão, principalmente nas províncias de Inhambane e Gaza. Além da utilização industrial também é usada para fabrico de óleo caseiro, muito apreciado na zona sul	
<b>Impacto socio-económico</b>	A mafurra é produzida e consumida praticamente só na região sul do país. É consumida directamente ou na forma de óleo. Também é utilizado para o fabrico de sabões. Mas o baixo consumo e a pouca industrialização, faz concluir que a sua eventual utilização como biodiesel não afectaria a segurança alimentar. Por outro lado, nada indica que possa afectar o ambiente	
<b>Custo de produção</b>	A mafurra não possui preço monitorados pelo MADER e nem por nenhum outro sistema regular. Pelo que não existe informação sistematizada sobre os preços. Todavia, dado o baixo consumo, conclui-se que o custo de oportunidade deve ser igualmente baixo	

Tabela 2.4. Comparação de soja e amendoim. fonte[26]

	<b>Soja</b>	<b>Amendoim</b>
<b>Aptidão edafo-climática</b>	É essencialmente uma cultura subtropical. É actualmente considerada a leguminosa mais importante do mundo e a maior fonte de óleos comestíveis e da proteína vegetal. Em Moçambique, as áreas apropriadas para o cultivo de soja, são: Niassa, Cabo Delgado, Zambézia e Inhambane	O amendoim representa uma fonte de óleo imprescindível na alimentação humana. A produção nacional é liderada pela província de Nampula, seguida de Zambézia e Cabo Delgado. Contudo, é na região Sul onde se regista o maior consumo nacional
<b>Impacto socio-económico</b>	Não existe uma produção em escala comercial desta cultura em Moçambique, embora tenham sido realizadas algumas experiências. Aparentemente, o seu uso como matéria prima para biocombustíveis não apresenta inconvenientes sob o ponto de vista social e ambiental	O amendoim é considerado alimento básico na região Sul do país e nas regiões Centro e Norte, uma cultura de rendimento. O seu eventual uso como matéria-prima para biocombustíveis pode afectar a segurança alimentar.

<b>Custo de produção</b>	A soja não é a fonte mais adequada de óleo para biodiesel, exactamente por ser uma leguminosa rica em proteína com baixa produtividade de óleo por hectare (500 kg/ha).	O mercado garantido de grande parte do amendoim produzido em Moçambique é o consumo interno. Registam-se pequenas exportações do amendoim a partir da região Norte. Os preços médios são 96,150.00 Mt/tonelada, demasiado elevado para a aplicação na produção de biocombustíveis
--------------------------	---	---

Tabela 2.5: Mafurreiras existentes em Moçambique

Província	Exploração	Árvores	% Árvores
Maputo	38251	175,630	10
Inhambane	129,509	1,123,689	62
Sofala	420	980	0
Outras	111,646	512,368	28
Nacional	279,826	1,812,667	100

Fonte [26]

## 2.7. Semente de mafurra

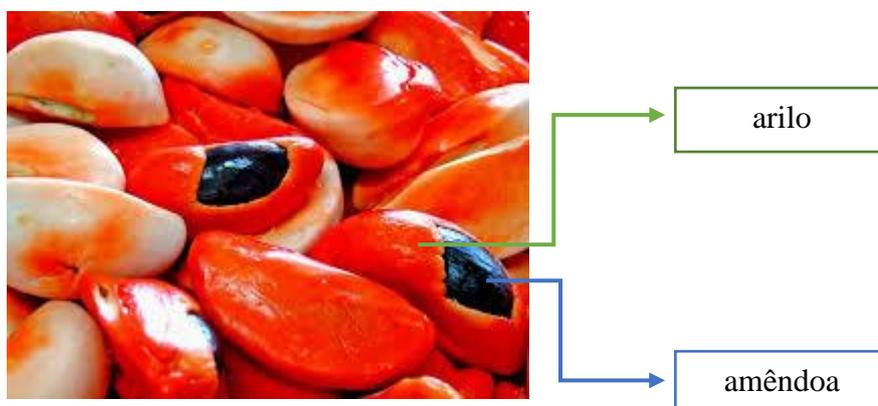


Figura 2.8: Semente de mafurra

As sementes de *Trichilia emética* (mafurra) eram utilizadas para alimentação antes da chegada dos europeus na África Oriental e também uma importante fonte de óleo. O seu sabor amargo e venenoso era removido por imersão das mesmas em água e o líquido resultante utilizado para fazer papas, enquanto as sementes esmagadas e cozidas eram misturadas com farinha de milho durante a cozedura, ou ainda com legumes [6].

O óleo extraído das sementes tinha aplicação na produção de sabões, de batons e de velas. Em Moçambique e Zimbabué era utilizado para fins cosméticos e, quando combinado com outros óleos, para o tratamento da lepra. No Senegal era usado para tratar uma série de doenças de pele. A combinação de óleo de mafurra com óleo de cocô era, por vezes, feita de modo a proporcionar efeito emoliente e hidratante [22]. Do arilo pode ser extraído, após trituração, um líquido doce e leitoso, utilizado como bebida ou como molho em pratos tradicionais [6].

### 2.7.1. Propriedades físico-químicas

As sementes (Figura 2.8), de mafurra são compostas por uma parte carnuda, de cor laranja-avermelhada (arilo), e por uma amêndoa. As sementes de mafurra possuem um elevado teor de óleo sendo que, pelo processo de extracção tradicional, se conseguem obter duas fracções – mafurra oil a partir do arilo e mafurra butter a partir da amêndoa. No entanto, no processo de extracção industrial, as duas fracções oleosas acima referidas são extraídas em conjunto, obtendo-se um só produto, geralmente referido na literatura como óleo de mafurra. Este óleo apresenta um ponto de fusão à volta dos 30°C sendo, portanto, sólido à temperatura ambiente, facto pelo qual é também por vezes apelidado de gordura. O teor de óleo desta oleaginosa é de

55-65% [6], valor bastante superior aos 20% das sementes de soja e aos 40-55% das sementes de girassol e de amendoim.

Tabela 2.6: Características físico-químicas do óleo de mafurra

Parâmetros	Umidade	Valor
Massa volumétrica	g/cm <sup>3</sup>	0.906
Índice de acidez	mgKOH/g	3.82
Índice de peróxido	mg/Kg	12.85
Índice de saponificação	mgKOH/g	190-210
Comprimento da semente	Cm	2.4
Largura da semente	Cm	1.0

Fonte [21,22]

## 2.8. Extração de óleo nas sementes

O óleo se encontra na forma de glóbulos e está presente nas células das sementes oleaginosas. A extração de óleo nas sementes pode ser feita através de métodos químico (solvente) e mecânicos (prensa hidráulica e de parafuso).

A extração por **solvente** é uma operação de separação em que um dado componente (soluto), presente numa fase sólida, é separado por contacto do sólido com um líquido (solvente), no qual o componente desejado é solúvel [4].

Este é o método mais eficiente e o mais indicado para a extração do óleo de sementes com baixo teor de óleo [20-25%], mas só é rentável para produção em massa (mais de 50 toneladas de óleo por dia), devido ao custo elevado do solvente [12].

Para além dos solventes serem caros, são perigosos para a saúde humana e para o ambiente, são de origem petroquímica, inflamáveis e explosivos. Consequentemente, o equipamento que extrai o óleo e remove o solvente deve ser hermético e à prova de fugas, e todos os motores e interruptores eléctricos e sistema de iluminação, devem ser especialmente desenhados à prova de explosão. Foram feitas tentativas para encontrar solventes que não sejam explosivos e que

sejam mais económicos, mas sem sucesso [12]. Entretanto, o uso deste método não é ideal para o contexto do presente trabalho.

A extracção **Mecânica** é a forma de extracção de óleo mais popular e mais antiga. Desde os primórdios da humanidade, os óleos eram extraídos envolvendo as sementes num pano e posteriormente usando pedras para exercer pressão sobre elas. A extracção mecânica por pressão é uma separação sólido-líquido aplicável a sólidos como sementes [4].

Hoje em dia, usa-se prensas hidráulicas que possuem um pistão directamente ligado a um cilindro hidráulico, que servem para o esmagamento das sementes, e também é usado a prensa de parafuso que possui um parafuso sem-fim de diâmetro crescente, ou com um passo decrescente para facilitar o processo de compactação [12].

## 2.9. Pressas como máquinas de extracção de óleos

Basicamente, existem dois tipos de pressas para a extracção de óleo, a saber:

- Prensa hidráulica;
- Prensa de parafuso (expeller).

### 2.9.1. Prensa hidráulicas

A prensa hidráulica possui um funcionamento descontínuo, ou seja, por martelada tendo uma produtividade reduzida. Este tipo de prensa permite a extracção de óleo com alta viscosidade, sem aquecimento do óleo, o que evita a mudança da cor, do odor e do sabor destes, e por consequência sem alterar suas características, sendo que a qualidade do óleo também está relacionada à limpeza e estado da semente no momento da prensagem [25].

As pressas hidráulicas, como indicada na Fig. (2.9), possuem um pistão (4) directamente ligado a um cilindro hidráulico (1) que prensa o vegetal colocado em um vaso em formato cilindro (9). O óleo é expelido através de pequenos furos (uma espécie de peneira) contidos no vaso. Possui funcionamento descontínuo e por isso uma produtividade reduzida [25].

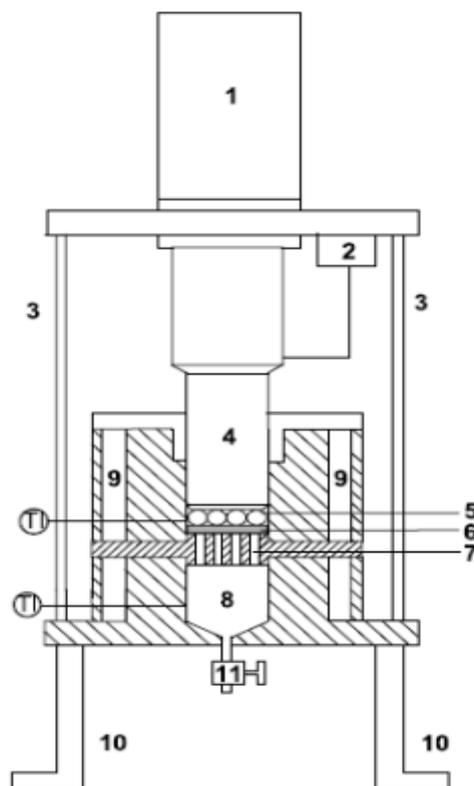


Figura 2.9: Representação esquemática de uma prensa hidráulica. fonte [25]

## 2.9.2. Prensa de parafuso(Expeller)

### Histórico de prensa de parafuso

O matemático, físico e inventor Grego Arquimedes, desenvolveu uma bomba de parafuso que era usada para o transporte de líquidos ou grãos de um ponto para o outro. Essa bomba possuía uma ponta inferior que era inserida no líquido a ser transportado, e ao girar o eixo do parafuso, o fuso empurra o material para cima, levando o mesmo até a extremidade de saída. Portanto, o fluxo de material depende da frequência de giro do fuso e da montagem específica, como a distância de passo do fuso, inclinação do tubo e espaço interno [27]. A prensa de parafuso, foi desenvolvida tendo como base o parafuso de Arquimedes.

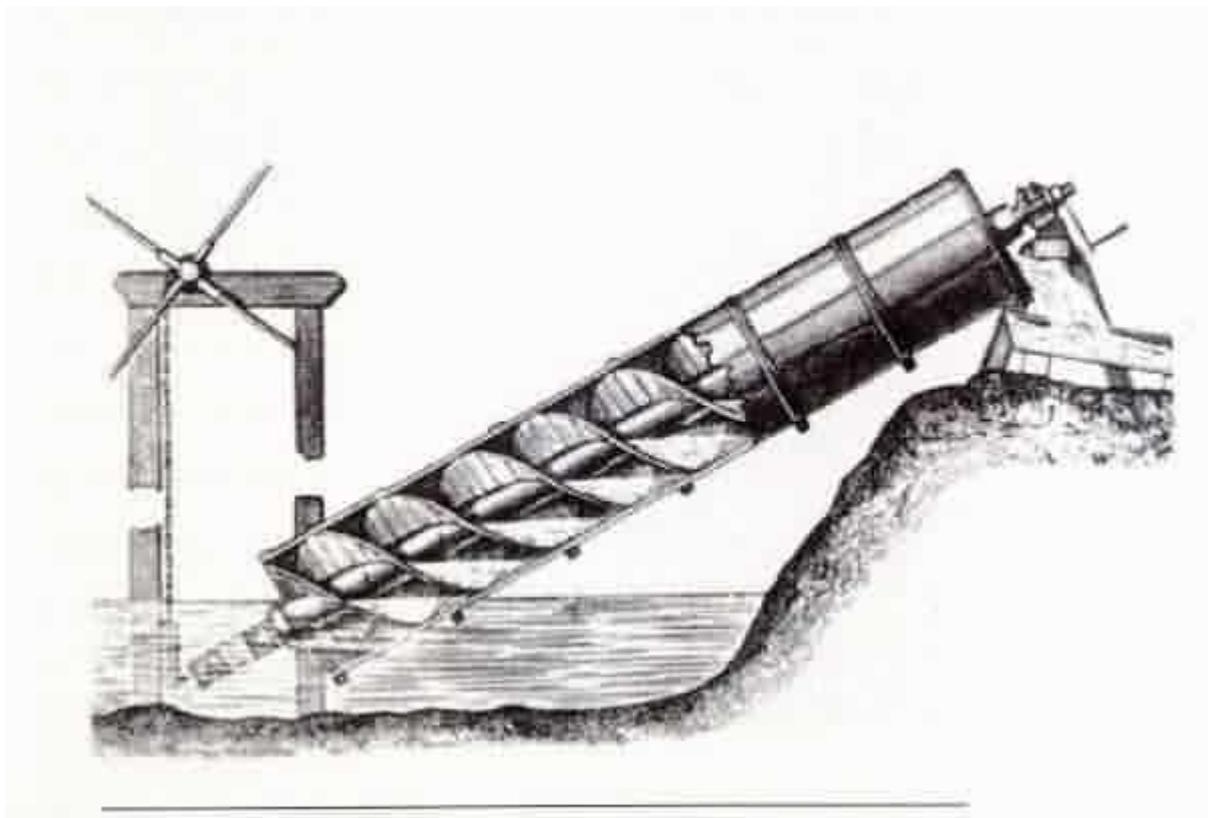


Figura 2.10: Bomba de Arquimedes. fonte[27]

A prensa de parafuso possui o mesmo princípio de funcionamento com a bomba de Arquimedes. E vem sendo utilizada nos países em desenvolvimento, apresentando uma série de vantagens perante o tradicional método de extração por solvente. A operação em uma prensa mecânica é simples, não exigindo mão-de-obra qualificada para seu manuseio, é um sistema facilmente adaptável a diversos tipos de oleaginosas, bastando para isso alguns simples ajustes mecânicos, e todo o processo de extração do óleo é contínuo e feito em um curto espaço de tempo. Um processo feito sem uso de produtos químicos é bem mais seguro, podendo

ser instalado em pequenas propriedades rurais além de permitir o uso do subproduto da extracção mecânica, resíduo rica em proteína, como adubo e ração animal [17].

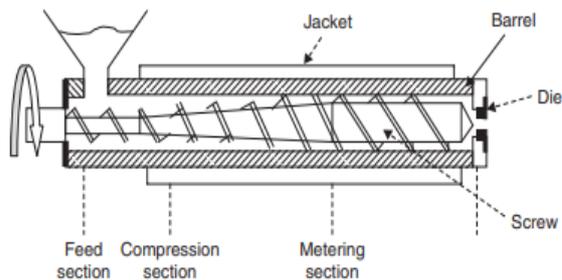


Figura 2.11: Desenho esquemático de prensa de parafuso fonte:[30]

### Funcionamento da prensa de parafuso

A prensa de parafuso (figura 2.11) é constituída por três secções básicas, a saber:

- ✓ Zona de alimentação: a principal função desta zona é o transporte do material para as zonas subsequentes. Quase nenhuma compressão ou modificação da massa ocorre nesta zona.
- ✓ Zona de compressão: é onde ocorre a compressão do material.
- ✓ Zona de dosagem: é onde ocorre a maioria dos objectivos do processo de extrusão, no caso do presente trabalho, é nesta zona onde ocorre a saída do óleo.

O processo começa colocando as oleaginosas dentro do funil de alimentação. O giro do parafuso é o responsável pelo avanço do material, que através de reduções de área exerce uma diferença de pressão transformando as sementes em um fluxo massa, composto por substrato de semente e óleo vegetal. A rotação do eixo helicoidal cria forças axiais e radiais sob as sementes que se encontram dentro do cilindro, a pressão a que estão submetidas é a responsável por romper as paredes das sementes fazendo com que seja libertado o óleo. Para a drenagem do óleo são colocados espaçadores entre as barras que compõem o cilindro ou faz-se abertura de furos no cilindro, permitindo assim a saída do óleo no cilindro [3,29].

À medida que o parafuso gira, as hélices arrastam as sementes em direcção a saída, isso ocorre na zona entre o invólucro e o parafuso, portanto, o atrito com o material em movimento ocorre

em ambas superfícies. Idealmente, o atrito na superfície do invólucro deve ser o mais forte dos dois, para que ocorra cisalhamento interno.

### **Componentes de uma prensa de parafuso**

A prensa de parafuso é constituída pelos seguintes elementos:

- ✓ Funil de alimentação;
- ✓ Invólucro;
- ✓ Parafuso sem-fim;
- ✓ Mancal de apoio;
- ✓ Motor eléctricos
- ✓ Redutor.

### **Funil de alimentação**

O funil de alimentação geralmente possui um formato cónico com a principal função o recebimento da matéria-prima para direccioná-la ao invólucro.

O tipo de alimentação mais utilizado nas prensas de parafuso é a alimentação por afogamento, no qual o funil simplesmente direcciona o material até a entrada do invólucro ou seja, o material entra à medida que a rosca gira, desta maneira se houver flutuação na velocidade do parafuso a quantidade de material que será extrudado também mudará [29].

### **Invólucro cilindro oco**

Cilindro é basicamente um canal onde fica o parafuso de Arquimedes, o material do invólucro deverá ter a resistência suficiente para suportar as solicitações provenientes da extrusão, as temperaturas elevadas e ao desgaste do processo gerado naturalmente pelo atrito.

As paredes do cilindro devem conter um cilindro interno, feito de um metal duro para que possa resistir ao desgaste gerado pelo atrito.

Uma maneira de reduzir a temperatura gerada naturalmente no processo é a inserção de ranhuras na sua superfície, com a intenção de aumentar a área superficial do cilindro, promovendo desta maneira uma maior troca térmica no processo[3,29].

## Parafuso sem-fim

O parafuso é considerado o coração da máquina, possuindo um papel fundamental no processo de extracção, por meio da sua rotação, iniciando na entrada do invólucro até a saída do resíduo. A configuração do parafuso é tal que a área de fluxo ao longo do canal de fluxo é progressivamente reduzida, para que o material seja progressivamente comprimido à medida que se move no invólucro. A redução da área do fluxo pode ser alcançado por vários tipos de configurações de parafuso. O mais comum são o passo do parafuso progressivamente decrescente e o aumento progressivo do diâmetro do núcleo do parafuso figura (2.12 e 2.13)[3].

A razão de compressão é um dos factores de maior importância do processo, é definida como a razão de altura do canal da secção de alimentação pela altura da secção do canal de dosagem. Materiais que apresentam maiores dificuldades para a sua trituração apresentam parafusos com razão de compressão maior. Uma razão de compressão grande se justifica pela dificuldade em que a máquina terá de triturar o material, portanto, devemos utilizar máquinas com a razão de compressão grande para processamento de materiais duros [3].

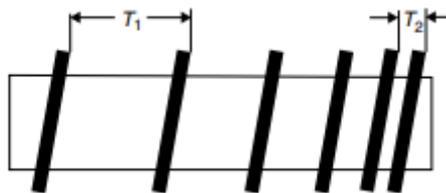


Figura 2.12: parafuso com redução do passo. fonte[31]



Figura 2.13: Parafuso com aumento do diâmetro. fonte [31]

$$Rc = \frac{T_2}{T_1} = \frac{H_2}{H_1} \quad (1)$$

Onde:

Rc = Razão de compressão;

T<sub>1</sub> = Passo da rosca na zona de alimentação;

T<sub>2</sub> = Passo da rosca na zona de compressão.

Tabela 2.7: Comparação da pressão obtida em função da razão de compressão

Parafuso com o aumento de diâmetro		Parafuso com redução de passo	
Razão de compressão	Pressão conseguida	Razão de compressão	Pressão conseguida
1.5	1.26	1.5	1.20
2.0	1.53	2.0	1.36
3.0	1.83	3.0	1.46
4.0	2.13	4.0	1.53

Fonte adaptado [3]

### **Mancal de apoio**

Mancais são elementos de máquinas utilizados para o apoio de eixos. Para que se consiga realizar a operação com sucesso e o parafuso possa exercer a sua função, fixa-se a rosca em um mancal auxiliando na transmissão de movimentos advindos da caixa de redução para o parafuso, também possui função de suportar a pressão exercida pelo material da rosca durante a execução do processo.

### **Redutor**

Redutor de Velocidade são máquinas empregadas para se obterem grandes reduções de transmissões, sem necessidade de recorrer a engrenagens de grandes diâmetros ou motoras de poucos dentes.

### **2.9.3. Componentes eléctricos**

#### **Motor eléctrico**

As máquinas eléctricas rotativas perfazem a função de conversão de energia eléctrica em mecânica, motores, ou, de energia mecânica em eléctrica, geradores. Tal conversão é feita, pela interacção entre correntes eléctricas e campos magnéticos. O princípio de funcionamento das máquinas eléctricas está associado ao surgimento de forças de origem electromagnética, que são produzidas pela interacção dos campos magnéticos produzidos por dois tipos de enrolamentos, as bobinas. Uma bobina permanece fixa, representado o estator da máquina, e a outra gira solidária ao eixo da máquina, parte móvel ou rotor.

#### **Contactador**

Contactor é um dispositivo eletromecânico que permite, a partir de um circuito de comando, efectuar o controle de cargas de circuito de potência, ou seja um contactor tem como função seccionar (abrir ou fechar) um circuito em altas correntes, por isso, é essencial em aplicações como automação industrial e sistemas de distribuição de energia. O seccionamento em contactor ocorre quando sua bobina é alimentado pelo circuito de comando do sistema[32].



Figura 2.14: contactor. fonte :WEG

## Relé

Um relé é basicamente um interruptor mecânico que abre ou fecha circuitos de cargas elevadas (tensões e/ou correntes), é operado electricamente por aplicação de uma tensão baixa na bobina(comando). A movimentação física desde interruptor ocorre quando a corrente eléctrica percorre as espiras da bobina do relé, criando assim um campo magnético que por sua vez atrai a alavanca responsável pela mudança do estado dos contatos[32].



Figura 2.15: Relé térmico. fonte:WEG

**Botoeiras** - São dispositivos constituídos por um botão normalmente aberto(NA), tipo campainha, que pressionado energiza a bobina do contactor. Para desliga-lo, emprega-se uma botoeira do tipo normalmente fechada (NF) que pressionada abre o circuito desenergizando a bobina[32].

## Capítulo III

### 3. Metodologia

No presente trabalho foi adoptada a metodologia denominada PRODIP – Projecto de Desenvolvimento Integrado de Produtos [1]. Essa metodologia consiste em três macrofases a saber: Pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento.

Tabela 3.1: Metodologia PRODIP

Fase	Etapas
Pré-desenvolvimento	1-Planeamento estratégico do produto
	2-Planeamento de portefólio
	3-Planeamento do projecto(anteprojecto)
Desenvolvimento	4-Projecto informacional
	5-Projecto conceitual
	6-Projecto preliminar
	7-Projecto detalhado
Pós-desenvolvimento	8-Preparação da produção
	9- Lançamento do produto no mercado
	10-Acompanhamento do produto no mercado

Fonte adaptado [1].

O presente projecto é desenvolvido como requisito para a obtenção do grau de licenciatura em engenharia mecânica, portanto, será considerado os pontos 4,5,e 6 das macrofases descritas na tabela acima.

#### 3.1. Fase de projecto informacional

Nesta fase do projecto são estabelecidas as especificações do projecto, identificando, primeiramente, as necessidades dos clientes ou usuários, sendo estas transformadas em requisitos dos usuários. A partir dos requisitos dos usuários são definidos os requisitos de projecto do produto, considerando diferentes atributos: funcionais, ergonómicos, de segurança, de confiabilidade, estéticos, entre outros[1].

Portanto, para melhor visualização das actividades realizadas durante a fase de projecto informacional, a figura 3.1 apresenta as etapas aplicadas no presente trabalho:

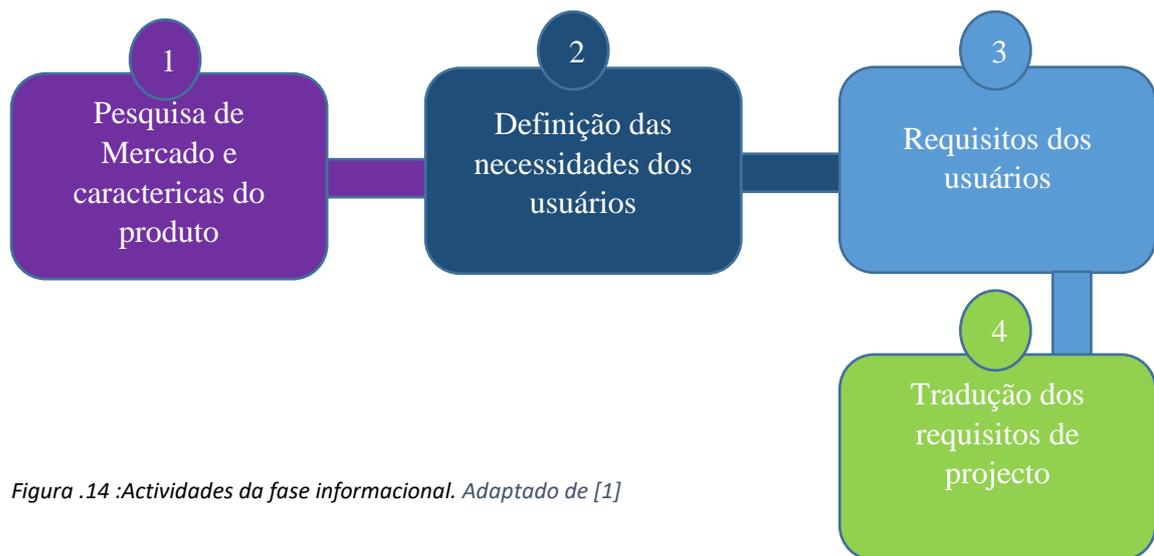


Figura .14 :Atividades da fase informacional. Adaptado de [1]

1- A ferramenta usada para a pesquisa de Mercado foi um questionário online proporcionado pela Google Forms. Foram apresentadas as necessidades dos potenciais usuários, juntamente com alguns requisitos dos usuário, que foram extraídas da análise anterior, sendo elas:(i)possuir uma trituração continua; (ii) ser motorizado; (iii) ser seguro; (iv) ser silencioso; (v) ser fácil de transportar; (vi) ser automatizado; (vii) ser leve; (viii) ser durável; (ix) ser esteticamente agradável; (x) ser barato. Para facilitar o estudo dos resultados foi utilizado uma escala que varia de um ponto (não importante) até cinco pontos(muito Importante).

2- A definição das necessidades dos clientes foi realizada juntamente com a pesquisa de mercado.

3- Os requisitos dos usuários estão relacionados com as necessidades dos clientes que foram adaptadas para a linguagem técnica de engenharia.

4- A tradução em requisitos de projecto é feita mediante o desdobramento dos requisitos de usuários em termos possíveis de serem quantificadas.

### 3.2. Fase de projecto conceptual

Esta fase destina-se ao desenvolvimento da concepção do produto.

O alvo desta fase é alcançado com a realização de diversas tarefas que buscam, inicialmente, estabelecer a estrutura funcional do produto. Essa tarefa envolve a definição da função global a ser executada, bem como de suas subfunções. Determinada as funções a serem realizadas pelo produto, avança-se para o estudo de estruturas funcionais alternativas, com o objectivo de seleccionar a mais adequada[1].

Após a selecção do produto, iniciam-se os estudos para identificação dos processos de fabricação. Na figura 3.2 são apresentadas para melhor visualização as actividades realizadas no presente trabalho durante a fase de projecto conceptual.



Figura 3.2: :Actividade da fase conceptual

1-A primeira actividade é a elaboração da estrutura funcional do produto.

2- A segunda actividade consiste na determinação das concepções alternativas.

3- A terceira actividade consiste na selecção de uma das concepções alternativas. E essa selecção é baseada nos requisitos dos usuários, já definidos na fase informacional.

### 3.3. Fase de projecto preliminar

Esta fase destina-se ao estabelecimento do layout final do produto e a determinação da viabilidade técnica e económica [1].

A figura 3.3 abaixo apresenta as etapas realizadas para o desenvolvimento da fase preliminar no presente trabalho.

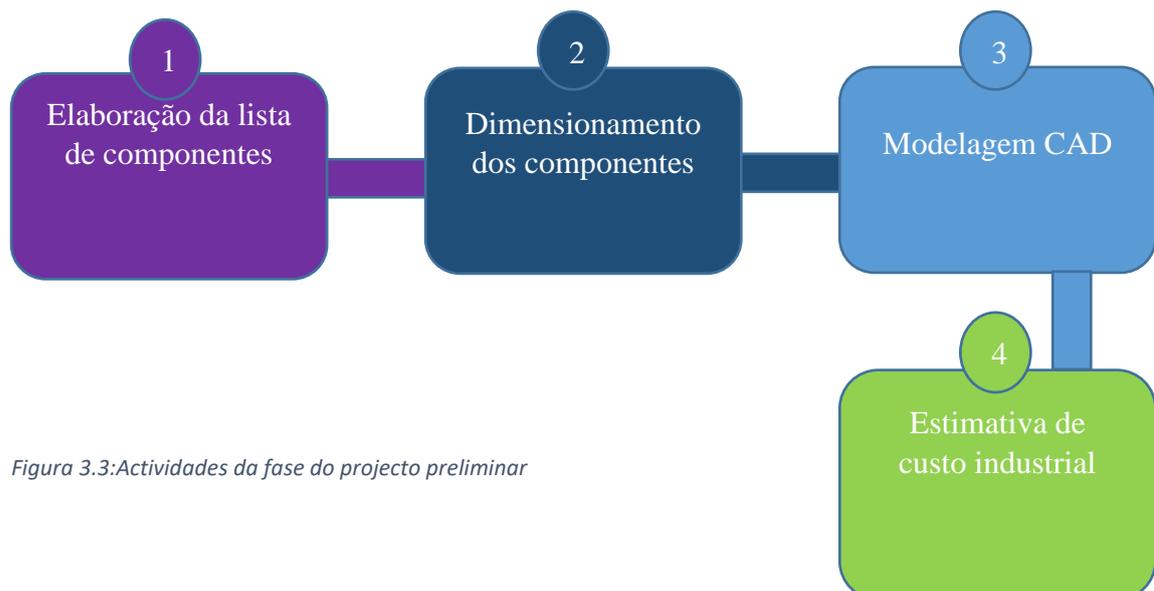


Figura 3.3:Actividades da fase do projecto preliminar

1-A primeira actividade foi destinada a elaborar a lista de componentes do produto, o objectivo é listar cada componente necessário para realizar as funções do produto.

2-A segunda actividade destina-se ao dimensionamento dos componentes do produto. Para o efeito, foram avaliados os elementos funcionais e como os mesmos se relacionam.

3-A terceira actividade destina-se em modelar virtualmente o layout final do produto. Essa actividade foi realizada com a assistência de *softwares* de projecto 3D auxiliados por computador, conhecidos por CAD (Computer Aided Design).

5-A quinta actividade realizada define a estimativa de custo industrial para confecção do produto. Foi elaborada uma lista com todos os componentes e serviços necessários para a construção do produto, detalhando os gastos despendidos em cada elemento.

## CAPÍTULO IV

### 4.1. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

#### 4.1.1. Fase de Projecto Informacional

As actividades desenvolvidas nessa fase tem como objectivo a obtenção dos requisitos do projecto, e esses objectivos foram alcançados à medida que se fez, a identificação das necessidades dos usuários, a obtenção dos requisitos dos clientes, a obtenção dos requisitos de projecto e a especificação de projecto.

#### Identificação das necessidades dos usuários

Para a identificação das necessidades dos usuários, recorreu-se a ferramenta Google forms, que permite a criação de questionário e pesquisas de opinião bem elaborados. Com isso, foi possível analisar as respostas do questionário e ter melhor compreensão da expectativa dos possíveis consumidores do produto a ser projectado. Uma vez que o nosso país não produz prensas de parafuso, o questionário foi mais dedutivo, analisando a máquina disponível no mercado nacional, que é o triturador de amendoim. As respostas relacionadas ao triturador de amendoim não se distanciam da prensa de parafuso, uma vez que essa poderá ser adaptada para a trituração de amendoim também.

O questionário foi elaborado de tal forma que as respostas fossem dadas em forma de uma escala que varia de (1) nada importante até (5) muito importante. Essa escala permite a interpretação dos resultados com uma certa margem de intensidade de afirmação da resposta.

O questionário ou formulário online esteve disponível durante duas semanas, do dia 26/09/23 ate 09/10/2023, e teve um total de 32 participantes. Os resultados, podem serem vistos no Apêndice A.

Os principais resultados da pesquisa são apresentados na tabela abaixo:

Nº	Necessidades
1	Ser prático
2	Ser seguro
3	Ser eficiente
4	Ter baixo custo
5	Ter longo período de vida útil

*fonte:(Autor)*

## Obtenção dos requisitos de usuários

Os requisitos dos usuários, obtidos a partir da conversão de cada necessidade do usuário, são mostrados na tabela abaixo:

Tabela 4.1: Conversão das necessidades dos usuários em requisitos dos usuários

Número	Necessidades dos usuários	Designação	Requisitos dos usuários
1	Ser prático	A	Ser de fácil limpeza
		B	Ser de fácil manutenção
		C	Ser transportável
		D	Ser automatizado
		E	Ser leve
2	Ser seguro	F	Ter funil de alimentação
		G	Acesso ao parafuso protegido
		H	Ter botão de emergência
3	Ser eficiente	I	Ser motorizado
		J	Ser potente
		K	Ser esteticamente agradável
		L	Ser silencioso
4	Ter custo acessível	M	Ser fabricado com matérias com grande disponibilidade
		N	Ser de fácil fabricação
		O	Ser de fácil montagem
5	Ser durável	P	Ser resistente a corrosão
		Q	Ter uma boa resistência mecânica

fonte: adaptado de [18]

Tabela 4.2: Diagrama de Mudge para valorização dos requisitos dos usuários

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Soma	
A	B5	C3	D1	E1	F5	G5	H5	I5	J5	A1	A1	M5	N1	O1	P5	Q5	2	0.5%
	B	B5	B3	B3	B1	G1	B1	I3	J1	B5	B3	M1	B3	B3	B1	B1	34	9.1%
		C	D1	E3	F1	G3	H1	I5	J3	C5	L1	M1	C1	O3	p1	Q1	9	2.4%
			D	D1	F1	G3	H1	I5	J3	D3	D3	M1	D1	O3	P1	Q1	10	2.6%
				E	F3	G5	E1	I5	J1	E1	L3	M1	E1	O1	P3	Q5	7	1.8%
					F	G3	F1	I5	J1	F5	F5	M3	F1	F1	P1	Q1	23	6.1%
						G	G5	G1	G3	G5	G5	G1	G3	G3	G1	G1	48	12%
							H	I3	J5	K1	H3	M3	N3	H3	P3	Q5	13	3.5%
								I	I3	I5	I5	I3	I3	I5	I1	I1	57	15%
									J	J3	J3	J1	N3	J1	P1	Q1	27	7.2%
										K	L3	M5	N1	O5	P5	Q5	1	0.2%
											L	M3	N5	O5	P5	Q5	7	1.8%
												M	M1	M3	P1	Q5	27	7.2%
													N	N1	P3	Q3	14	3.7%
														O	P5	Q3	18	4.8%
															P	Q1	34	9.1%
																Q	41	11%
																	372	100%

Peso	1	-----	Moderadamente importante
	3	-----	Mediamente importante
	5	-----	Muito mais importante

fonte: Adaptado [18]

Tabela 4.3: Grau de importância segundo os potenciais usuário

Classificação	Número	Requisitos dos usuários	Valor	%
1º	A	Ser de fácil limpeza	2	0.5
2º	B	<b>Ser de fácil manutenção</b>	34	9.1
3º	C	Ser transportável	9	2.4
4º	D	Ser automatizado	10	2.6
5º	E	Ser leve	7	1.8
6º	F	Ter funil de alimentação	23	6.1
7º	G	<b>Acesso ao parafuso protegido</b>	48	12
8º	H	Ter botão de emergência	13	3.5
9º	I	<b>Ser motorizado</b>	57	15
10º	J	Ser potente	27	7.2
11º	K	Ser esteticamente agradável	1	0.2
12º	L	Ser silencioso	7	1.8
13º	M	Ser fabricado com matérias com grande disponibilidade	27	7.2
14º	N	Ser de fácil fabricação	14	3.7
15º	O	Ser de fácil montagem	18	4.8
16º	P	<b>Ser resistente a corrosão</b>	34	9.1
17º	Q	<b>Ter uma boa resistência mecânica</b>	41	11

Fonte[autor]

Do diagrama de Mudge, percebe-se que o requisito mais importante a ser considerado é o “I”: Ser motorizado. Esse resultado vai de acordo com a necessidade de tornar os processos industriais mecanizados. O segundo maior requisito é o G: acesso ao parafuso protegido, esse resultado era esperado pois, a segurança deve ser garantida nos processos industriais. Em terceiro, quarto, e quinto estão relacionados com a durabilidade do produto. Importa referir que esse diagrama tem a função de avaliar o grau de importância de um requisito em relação ao outro, o que significa que todos requisitos são importantes, porém, o projecto terá como base a satisfação dos requisitos mais importantes, sob o ponto de vista funcional[18].

## Obtenção dos requisitos de projecto

A tabela abaixo apresenta os requisitos de projecto obtidos a partir dos requisitos dos usuários.

Tabela 4.4:Requisitos do projecto

Número	Requisitos dos usuários	Número	Requisitos do Projecto
A	Ser de fácil limpeza	1	Rugosidade( $\mu m$ )
B	Ser de fácil manutenção	2	Número de elementos na estrutura (n°)
C	Ser transportável	3	Número de rodas (n°)
D	Ser automatizado	4	Rampa que possibilita a saída do óleo(n°)
E	Ser leve	5	Massa (kg)
F	Ter funil de alimentação	6	Comprimento do funil (mm)
G	Acesso ao parafuso protegido	7	Números de parafusos de fixação (n°)
H	Ter botão de emergência	8	Apresentar botão de emergência (n°)
I	Ser motorizado	9	Apresentar motor (n°)
J	Ser potente	10	Potência do motor (kw)
K	Ser esteticamente agradável	11	---
L	Ser silencioso	12	Ruido(dB)
M	Ser fabricado com matérias com grande disponibilidade	13	Preço de matérias (Mts)
N	Ser de fácil fabricação	14	Número de elementos na estrutura (n°)
O	Ser de fácil montagem	15	Número de elementos na estrutura (n°)
P	Ser resistente a corrosão	16	Taxa de corrosão dos matérias utilizados( $\mu m/ano$ )
Q	Ter uma boa resistência mecânica	17	Resistência ao escoamento (Mpa)

fonte: adaptado[18]

O requisito K, por ser muito subjetivo foi desconsiderado para a conversão em requisito de projecto.

### 4.1.2. Fase Conceptual

A fase conceitual tem como finalidade a geração da concepção do produto. Para tal, as actividades dessa fase foram divididas em três etapas: elaboração da estrutura funcional do produto, elaboração das concepções alternativas e por fim, a selecção da concepção do produto.

## **Estrutura funcional do produto**

A função principal do produto é a extracção de óleo da semente de mafurra, através de forças de esmagamento à medida que o material for transportado para a saída do sistema.

De uma forma genérica, a entrada e saída são definidas como sendo semente de mafurra e semente triturado, respectivamente. Da entrada até a saída do material, são desenvolvidas forças, conversão, transferência de energia, além de movimentação e fragmentação dos materiais. A título de exemplo, a energia de entrada é proveniente da rede eléctrica local, que alimenta o motor eléctrico, sendo convertida em energia mecânica graças aos rotores, e com ajuda de elementos de máquina essa energia mecânica é transmitida ao parafuso sem-fim e como resultado a energia de saída gera a deformação e cisalhamento das sementes.

## **Concepções alternativas**

Existem diversas variedades de prensa de parafuso no mercado internacional, portanto, no presente trabalho são considerados apenas duas concepções alternativas. A primeira concepção possibilita um bom equilíbrio entre custo x benefício, a segunda tem o objectivo de reduzir o máximo os custos de fabricação.

## **Concepção da prensa de parafuso A**

A primeira concepção consiste em uma prensa de parafuso que usa o parafuso de Arquimedes, onde a extracção de óleo é realizada através de forças de esmagamento. O equipamento deve ser posicionado sobre alguma bancada de trabalho, no caso uma estrutura metálica. O propósito dessa concepção é possuir um baixo valor agregado, porém ser eficaz em sua função. Apresenta um motor trifásico, uma caixa de redução de velocidades e um parafuso sem-fim.



*Figura 15 Prensa Exeller. Fonte:[Eclitac]*

## Concepção da prensa de parafuso B

A segunda concepção também utiliza o princípio de Arquimedes, porém o seu objectivo é ser economicamente viável em todos os sentidos, se comparado com a primeira concepção. Apresenta um motor monofásico, possui uma correia para redução de velocidade substituindo desse modo o redutor de velocidades, tem um número reduzido de elementos em sua estrutura, o que facilita a montagem e a manutenção.

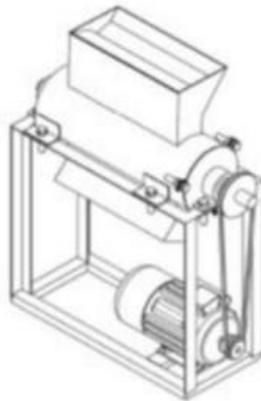


Figura 4.2::Prensa expeller.Fonte [Ajer]

## Seleção da concepção

A concepção A, vai de acordo em aspectos de grande relevância quanto aos requisitos pré-estabelecidos pelos potenciais usuários, ora vejamos, essa concepção possui um motor trifásico, o que possibilita o uso da máquina a nível industrial e a durabilidade será maior, para além disso a resistência mecânica sob o ponto de vista estrutural é maior que a concepção B, a presença do redutor, possibilita maiores forças de esmagamento, o que significa que haverá maior produção, a concepção A é facilmente adaptado para outras sementes oleaginosas se comparado a concepcao B. Por outro lado, a concepção B, possui menor número de elementos, o que facilita a manutenção do equipamento, porém, a força de esmagamento é relativamente inferior. Conclui-se, portanto, que a concepção A, apresenta a melhor solução de acordo com os critérios definidos.

### 4.1.3. Fase de projecto preliminar

Depois de escolhida a concepção na fase conceitual, prossegue-se para a fase de projecto Preliminar. Essa fase visa avaliar tecnicamente as configurações do ponto de vista funcional e da análise econômica.

#### Elaboração da lista de componentes

Tabela 4.5: Lista dos componentes. Fonte [autor]

Conjunto	Elemento Funcional	Componentes	Quantidade
G1	Motoredutor	Motor eléctrico Trifásico	1
		Redutor de velocidade	1
		Chaveta	1
		Acoplamento do redutor e o parafuso sem-fim	1
		Parafusos fixação redutor	4
		anilhas	4
		Mancal de rolamento	2
		Rolamentos	2
G2	Caixa de proteção	Parafusos de fixação	4
		Anilhas	4
		Pegas	1
G3	Invólucro	Cilindro	1
G4	Órgão executivo	Parafuso sem-fim	1
G5	Funil	Tiras de chapas	1
G6	Accionamento eléctrico	Relé	1
G7		Botoeira	1
G8		Contactador	1
G9	Rampa de saída	Rampa de saída	1
G10	Estrutura	Chapas	1
		Tubos	1

## 4.2. Dimensionamento dos componentes

Para melhor estruturação, primeiro foi feito o dimensionamento dos elementos que compõem o esquema cinemático (ver na figura 4:3), de seguida, o dimensionamento do órgão executivo e por fim foi feito o dimensionamento dos elementos que não entram em movimento (Funil, Invólucro cilindro, e mesa).

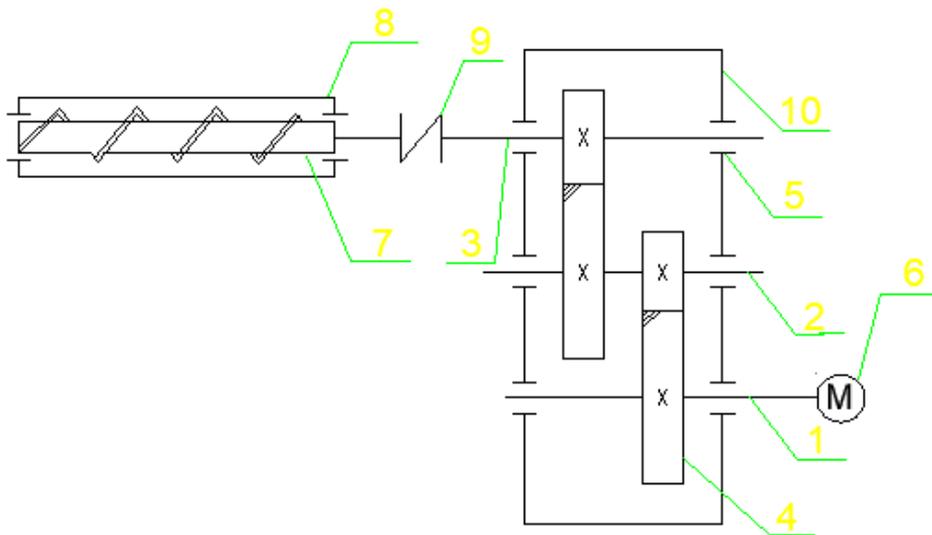


Figura 4.3: Esquema cinemática.

### 4. 2.1. Especificação da quantidade de sementes a ser processada

Estima-se que uma mafurreira produz cerca de 24 kg de semente por ano, e a província de Maputo tem em média 175.630 árvores. Com vista a delimitar o campo de estudo, fez-se uma estimativa de árvores existentes no bairro Infulene “A”. E a proporção é de 3/10 árvores de mafurra. Este bairro possui 38 quarteirões, sendo que cada quarteirão por sua vez possui 50 casas. Portanto,  $\frac{3}{10} \times 50 \times 38 \times 24 = 13680 \text{ kg}$  o que significa, que esse bairro em média produz 13680 kg de mafurra.

Visto que em cada ano existe uma expectativa de se obter muita mafurra, a máquina será dimensionada com vista a trabalhar 8 horas por dia, 5 dias por semana, durante um período de 2 meses, com esses parâmetros estabelecidos é possível determinar a quantidade de sementes que será triturada por hora. E esta quantidade será dada pela expressão abaixo:

$$Q = \frac{13680 \text{ kg}}{40 \times 8 \text{ h}} = 42,75 \text{ Kg/h} \quad (4.1)$$

#### 4.2.2. Especificação de quantidade de óleo a ser obtida

A mafurra possui um teor de óleo que varia entre 55-65% (tabela 2.1), a quantidade de óleo esperado após a extracção é dada por:

$$E = i \times Q \quad (4.2)$$

$$E = 0.6 \times 42.75 = 25,65 \text{ kg/h}$$

Sendo  $i$ , a faixa do teor do óleo, escolheu-se 0,6 devido as possíveis perdas durante a extracção.

A conversão de  $\frac{\text{kg}}{\text{h}}$  em  $\text{L/h}$  é feito recorrendo-se a massa específica:

$$E = \frac{25.65 \text{ kg} \cdot \text{m}^3}{906 \text{ kg} \cdot \text{h}} = 28.31 \text{ L/h}$$

#### 4.2.3. Pressão mínima para a extracção

A pressão mínima para a extracção de óleo é dada pela equação (4.3). A Força mínima para a extracção de óleo da semente de mafurra, foi obtida através de uma aproximação, isso porque, não foi possível a determinação da força por meio de experimentos laboratoriais, entretanto, quanto a quantidade da força necessária para a extracção de óleo da semente de mafurra se aproxima da semente de amendoim. A força necessária para a extracção do óleo de amendoim é de 49 kN, [38]. Essa força será considerada como força necessária para a extracção de óleo de semente da mafurra, importa referir aqui, que essa força foi obtida através de experimentos laboratoriais, onde foi usada uma prensa cujo pistão possui 60 mm de diâmetro. Sendo assim, a pressão mínima é dada:

$$P = \frac{F}{A} \quad (4.3)$$

$$P = \frac{49 \text{ kN}}{\frac{\pi}{4} \times 60^2} = 17,34 \text{ MPa}$$

Onde:

$P$  – É a pressão (Pa);

$F$  – É a força necessária para extracção de óleo (N)

$A$  – É a área ( $\text{m}^2$ )

#### 4.2.4. Potência de Accionamento

$$D = 4 \times D_{semente} \quad (4.4)$$

$$A_{semente} = C \times l = 24 \times 10 = 240 \text{ mm}^2$$

$$A_o = \pi \times \frac{D^2}{4} \quad (4.5)$$

$$D = \sqrt{4 \times \frac{240}{\pi}} = 17.48$$

$$D = 4 \times 17,48 = 69,82 \approx 70 \text{ mm}$$

$$\frac{L}{D} = 8 \quad (5.5)$$

$$l = 8 \times 70 = 560 \text{ mm}$$

Onde:

D - Diâmetro primitivo do parafuso;

L – Comprimento do parafuso

#### Força tangencial

$$F_a = \frac{F_t}{\tan \gamma} \quad (4.6)$$

$$F_t = 49000 \times \tan 20^\circ = 17,83 \text{ kN}$$

Onde:

$F_a$  - Força axial no parafuso sem-fim [N];

$F_t$  – Força tangencial no parafuso sem-fim [N]

$\gamma$  – Ângulo de subida da hélice[°]

**Torque:** segundo [7] o torque é dado pela a equação (4.7)

$$T = \frac{F_t \cdot d_w}{2000} \quad (4.7)$$

$$T = \frac{17,83 \times 70}{2000} = 624 \text{ Nm}$$

**Potência:** o número de rotação é dado pela equação (4.8) e a potência é dada pela equação (5.9)[40].

$$n = \frac{4 \times Q}{60\pi D^2 p \varphi \gamma C} \quad (4.8)$$

$$n = \frac{4 \times 0,04275}{60\pi 0,06^2 \times 0,03 \times 0,4 \times 0,906 \times 0,65} = 35,67 \text{rpm}$$

$$P = \frac{T \times n}{9550} \quad (4.9)$$

$$P = \frac{624 \times 35,67}{9550} = 2,33 \text{ kW}$$

Onde:

$Q$ - Capacidade de transporte [ $t/h$ ];

$D$ - Diâmetro primitivo [m];

$P$ - Passo da rosca do parafuso sem-fim, [m];

$\varphi$  –Eficiência de carregamento para o fluxo livre de matérias não abrasivos [0,4];

$\gamma$  – Peso específico da semente de mafurra [ $0,906 \text{ t/m}^3$ ];;

$C$  – Factor que considera a inclinação do transportador [para  $15^\circ C = 0.7$ ];

$n$ - Número de rotações do parafuso sem-fim[rpm]

#### 4.2.5. Cálculo para a selecção do motor eléctrico

Pela a forma (5.10) faz-se o cálculo do rendimento global do accionamento:

$$\eta_g = \eta_{acop}^1 \cdot \eta_{eng}^2 \cdot \eta_{rol}^4 \quad (4.10)$$

$$\eta_g = 0,995^1 \cdot 0,985^2 \cdot 0,995^4 = 0,946$$

A potencia do motor é dada pela a equação (5.11)

$$P_{cal} = \frac{P}{\eta_g} \quad (4.11)$$

$$P_{cal} = \frac{2,33}{0,946} = 2,46 \text{ kW}$$

$$u_{g1} = \frac{n_1}{n_t} = \frac{1700}{35,67} = 47,7$$

Com a potência calculada, fez-se a pré-selecção de motores de **(3 kW e 1700 rpm)** e um redutor com um torque máximo de 820 Nm. A tabela abaixo ilustra as variantes de motoredutor.

Tabela 4.6:Tipos de motoredutor

Variante	Designação do motoredutor	Potência nominal	Parâmetros do redutor		
			Relação de transmissão	Número de rotações	Torque máximo
1	R77	3	45,81	37	820
<b>2</b>	<b>R87 DZ100L4</b>	<b>3</b>	<b>47,58</b>	<b>36</b>	<b>1550</b>
3	R97	3	47,58	36	3000
4	R107	3	47,63	36	43000

Com base nos parâmetros acima, escolheu-se o motoredutor **R87DZ100L4**. Esse, motoredutor satisfaz todos os critérios pré-estabelecidos.



Figura 4.4: Motoredutor R87DZ100L4. Fonte: Catálogo SEW Eurodrive

#### 4.2.6. Cálculo de potência de cada veio do esquema cinemático

Potência do veio na saída do motor:

$$P_1 = 3 \text{ kW}$$

Potência do veio na entrada do redutor:

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{rol} = 3 \times 0,995 = 2,985 \text{ kW}$$

Potência do veio intermediário do redutor:

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{eng} \cdot \eta_{rol} = 2,985 \times 0,985 \times 0,995 = 2,925 \text{ kW}$$

Potência do veio na saída do redutor:

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{eng} \cdot \eta_{rol} = 2,925 \times 0,985 \times 0,995 = 2,867 \text{ kW}$$

Potência do veio do órgão executivo:

$$P_5 = P_4 \cdot \eta_{acop} \cdot \eta_{rol} = 2,867 \times 0,995 \times 0,995 = 2,61 \text{ kW}$$

#### 4.2.7. Torque no veio do órgão executivo

$$T_3 = \frac{9550 \times 2,61}{35,67} = 698,78 \text{ Nm}$$

Pelo que o torque mínimo para a extracção de óleo é conseguido.

#### 4.2.8. Selecção do acoplamento

Acoplamentos são dispositivos que servem para unir veios entre si ou para unir veios com peças montadas sobre estes, tais como polias, rodas dentadas com objectivo de transmitir momentos torsores.

Para seleccionar correctamente um acoplamento deve-se seguir o seguinte roteiro:

- 1- Selecção do factor de serviço em função do tipo de máquina accionadora e máquina accionada.

Da tabela abaixo, o factor de serviço para cargas moderadas como é o caso da prensa Expeller é  $F_s = 1,5$ .

- 2- O factor de serviço em função do tempo de operação é  $F_t = 1$
- 3- O factor de partida por hora é  $F_p = 1$
- 4- O factor calculado é dado por  $F_c = F_s \times F_t \times F_p = 1,5 \times 1 \times 1 = 1,5$

Tabela 4.7: Factores de serviço. fonte: (Catálogo Mademil)

Tipo de carga	Tipo de máquina Accionada	Fs
Leve	Alimentadores, Agitadores, bombas centrífugas, Compressor de Parafuso, Cortadoras de metais, Decantadores, Classificadores, Clarificadores, Dinamômetros, Geradores, Filtros de ar, Máquinas de engarrafar, Ventiladores centrífugos.	1
Moderada	Agitadores, Betoneiras, Bobinadeiras, Compressor de lóbulos, Correias transportadoras, Cozinhadores de cereais, Desbobinadeiras, Eixos de transmissão, Elevadores de carga e canecas, Escadas rolantes, Esticadores, Filtros rotativos e de prensa, Fornos rotativos, Impressoras, Máquinas Ferramentas, Máquinas para madeira, Máquinas para massas, Máquinas Têxteis, Mesa de transferência, Misturadores, Secadores, Puxador de carros, Ventiladores de minas	1,5
Pesado	Aeradores, Bomba de poço profundo, Bomba para petróleo, Calandras, Cortadora de papel, Descascadores, Elevadores de passageiros, Extrusoras, Fornos rotativos, Guinchos, Guindastes, Impressoras, Lavadoras, Moinhos, Máquinas de	2

	lavanderia, Moendas, Pontes Rolantes, Prensas, Secadores, Trefiladores, Torres de resfriamento, Transportadores.	
Muito Pesado alta inercia e inversão de rotação	Basculadores de vagões, Britadores, Bombas alternativas ou reciprocas, Compressores alternativas ou recíprocos, Geradores para solda, Laminadoras, Máquina de fabricação de pneus, Misturadores de borracha, Peneira vibradora, Trituradores	2,5

Número de horas de trabalho por dia	Ft
≤ 2	0,9
<b>3 – 12</b>	<b>1,0</b>
13 – 16	1,1
17 – 24	1,2

Número de partidas por hora	Fp
≤ 5	<b>1,0</b>
5 – 20	1,2
20 – 40	1,3

5- Com o factor calculado, determina-se o torque no acoplamento e escolhe-se um acoplamento que satisfará a solicitação.

$$T = 716,2 \frac{NF_c}{n} \quad (4.12)$$

$$T = 716,2 \frac{3,5 \times 1,5}{35,67} = 105,38 \text{ kgfm}$$

Onde: N = Potência (cv)

n = Rotação de trabalho do acoplamento (rpm)

$F_c = F_s \cdot F_t \cdot F_p$  Factor de serviço

6- Do catálogo Mademil Anexo (3), escolhe-se o acoplamento MADEFLEX Gr 168.



Figura 4.5: Acoplamento elástico Madeflex Gr. Fonte(Rg energia)

#### 4.2.8.1. Selecção da chaveta

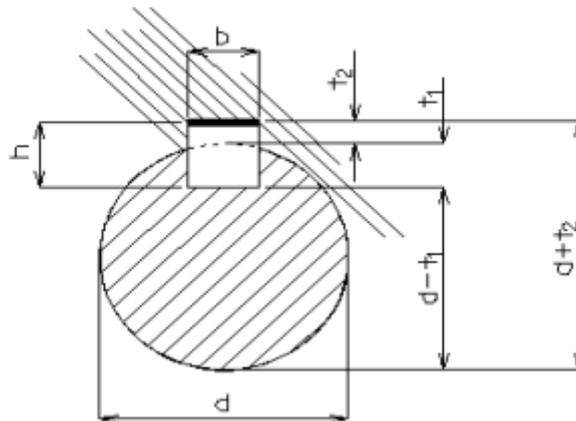


Figura 4.6: Chaveta

Chaveta é um elemento de máquina capaz de transmitir torque. A sua selecção obedece o seguinte procedimento :

- Em função do diâmetro do eixo da saída do redutor, para o caso em estudo, escolhe-se as dimensões transversais da chaveta.
- Por fim é determinado o comprimento da chaveta, considerando a compressão e cisalhamento sobre a chaveta.

Do anexo 6,  $b = 14 \text{ mm}$ ,  $h = 9 \text{ mm}$  e  $t_1 = 5,5 \text{ mm}$ , o ajuste é com aperto.

$$L_c = \frac{4 \times T}{\sigma \times h \times d} \quad (4.13)$$

$$L_c = \frac{4 \times 698780}{179 \times 9 \times 50} = 34,7 \text{ mm}$$

$$L_{cis} = \frac{2 \times T}{\tau \times b \times d} \quad (4.14)$$

$$L_{cis} = \frac{2 \times 698780}{80 \times 14 \times 50} = 24,96 \text{ mm}$$

Escolhe-se um comprimento de **40 mm**

Onde:  $b$  é a largura da chaveta [mm]

$h$ - É a altura da chaveta[mm]

$T$ - Torque no veio da saída do redutor [Nmm]

$N$ - Número de rotações [rpm]

$D$ - Diâmetro do veio[mm]

$\sigma$ - Tensão de esmagamento admissível da chaveta[MPa]

$\tau$ - Tensão de cisalhamento admissível da chaveta[MPa]

#### 4.2.9. Dimensionamento do órgão executivo

A figura 4.7. ilustra a forma comum de um parafuso sem-fim. O parafuso possui uma rosca na forma espiral e um passo que permita o avanço do material a ser esmagado.

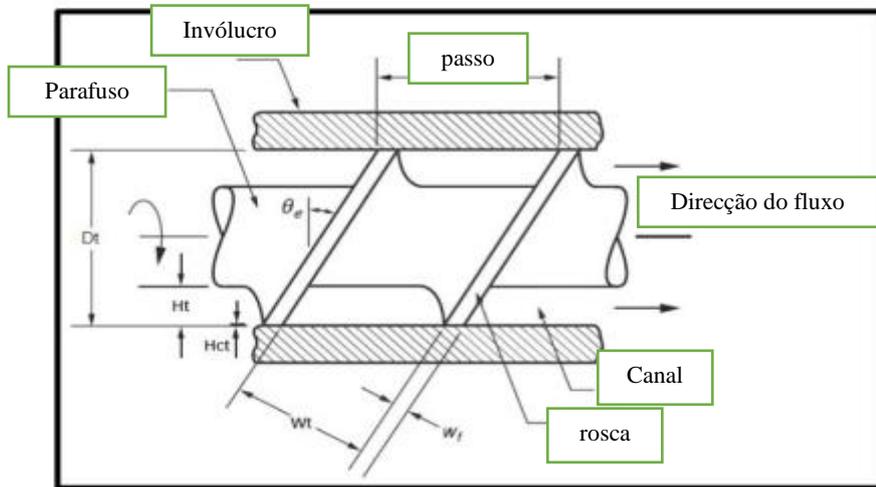


Figura 4.7: Detalhes do parafuso sem-fim. Fonte adaptado[7]

##### 4.2.9.1. Parâmetros iniciais para o dimensionamento do parafuso sem-fim

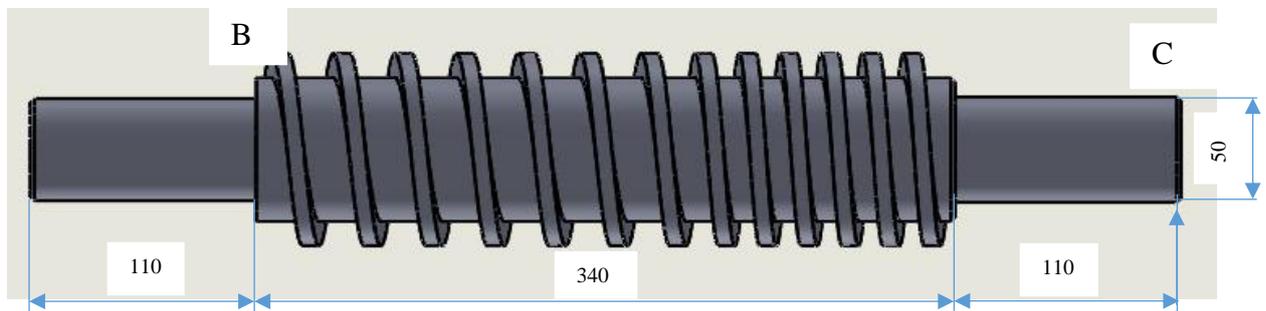


Figura 4.8: Órgão executivo

Tabela 4.8: Parâmetros do parafuso sem fim

Diâmetro do parafuso	Dt	94 mm
Diâmetro primitivo	Da	70 mm
Folga invólucro – parafuso	Hct	4 mm
Altura da rosca do parafuso	Ht	12 mm
Largura da rosca	Wf	8 mm
Passo da rosca	Pt	30 mm
Comprimento da zona sem rosca	L1	110 mm
Comprimento da zona com rosca	L	340mm

#### 4.2.9.2. Determinação da pressão máxima de operação

A pressão máxima de operação é dada por[7]:

$$p_{max} = \frac{6.\pi.D_t.N.L_t.\mu_{aps}.\cot\theta}{H_t^2} \quad (4.15)$$

Onde a viscosidade aparente por sua vez é dada por[7]:

$$\mu_{aps} = m.\gamma_{app}^{(n-1)} \quad (4.16)$$

$\mu_{aps}$  – viscosidade aparente, serve para determinar o comportamento do fluxo de um fluido Newtoniano. [pa.s]

$m$  e  $n$  – são valores obtidos por aproximações. Veja: Anexo 5.

E a razão de corte é dada por[7]:

$$\gamma_{app} = \frac{\pi.D_t.N}{H_t} \quad (4.17)$$

$$\gamma_{app} = \frac{\pi.0,094.\left(\frac{35,67.2\pi}{60}\right)}{0,012} = 91,92 \frac{1}{s}$$

$$\mu_{aps} = m.\gamma_{app}^{(n-1)} = 17800.91,92^{(0,16-1)} = 399.17$$

$$p_{max} = \frac{6.\pi.0,094.\left(\frac{35,67.2\pi}{60}\right).0,56.399.17.\cot 20^\circ}{0,012^2} = 28,23 \text{ MPa}$$

A pressão máxima de operação é superior a pressão mínima para a extracção de óleo da semente de mafurra.  $28,23 \text{ MPa} > 17,34 \text{ MPa}$ . Sendo assim é garantida a extracção de óleo da semente.

### 4.2.9.3. Determinação do peso do órgão executivo

Para a determinação do peso, primeiro, faz-se a escolha do material do órgão executivo. Uma vez que a prensa tem como área de aplicação a indústria alimentícia, recomenda-se o uso de aço inoxidável. Dos aços inoxidáveis disponíveis no mercado escolhe-se o aço com as seguintes especificações:

Tabela 4.9: Propriedades do aço

Norma DIN	
Tipo de aço	X 5 Cr Ni18-10
Dureza HB	≤ 215
Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	7900
Resistência a tração (Mpa)	500-700
Modulo de elasticidade(Gpa)	200

### Determinação do volume

O volume do órgão executivo é dada pela soma do volume da alma e do filete, portanto:

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot H \quad (4.18)$$

$$V = 2\pi \cdot \frac{0,05^2}{4} \cdot 0,11 + \pi \cdot \frac{0,07^2}{4} \cdot 0,34 = 0,00174 \text{ m}^3$$

O comprimento do filete é dado por[15]:

$$l_f = \sqrt{(\pi \cdot D)^2 + l^2} \quad (4.19)$$

$$l_f = \sqrt{(\pi \cdot 0,07)^2 + 0,34^2} = 0,405 \text{ m}$$

O volume do filete é dado por:

$$V_f = W_f \cdot H_t \cdot l_f \quad (4.20)$$

$$V_f = 0,008 \cdot 0,012 \cdot 0,405 = 0,000039 \text{ m}^3$$

Volume total é dado por:

$$V_t = V + V_f$$

$$V_t = 0,00174 + 0,000039$$

$$V_t = 0,001779 \text{ m}^3$$

O peso é dado por:

$$m = \rho \cdot V \quad (4.21)$$

$$m = 7900 \cdot 0,001779 = 14,05 \text{ Kg}$$

$$P = m \cdot g$$

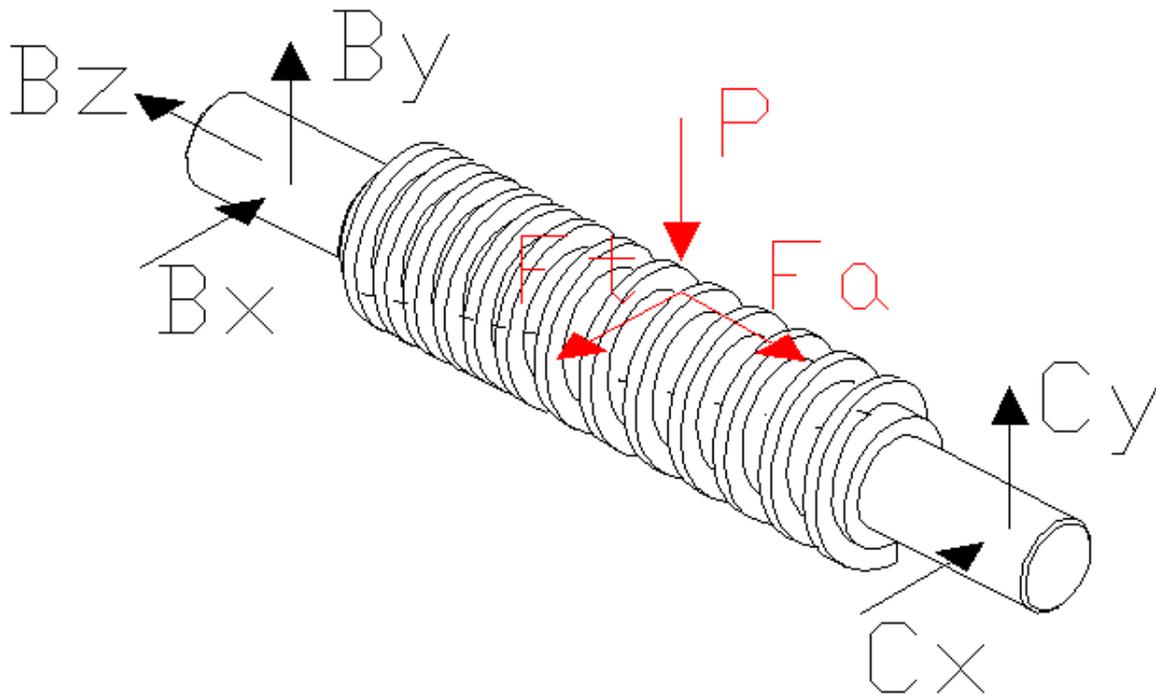


Figura 4.9: Diagrama do corpo livre

$$p = 14,05 \cdot 9,8 = 132,67 \text{ N}$$

Do diagrama do corpo livre, aplicando as leis de Newton tem-se:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0 \\ \sum F_y = 0 \\ \sum F_z = 0 \\ \sum M_x = 0 \\ \sum M_y = 0 \\ \sum M_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} B_x - F_t + C_x = 0 \\ B_y + F_t - P = 0 \\ -B_z + F_a = 0 \\ -0,34P + 0,45C_y = 0 \\ -0,34F_t + 0,45C_x = 0 \\ \sum M_z = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} B_x = 4,36 \text{ KN} \\ B_y = 0,0326 \text{ KN} \\ B_z = 49 \text{ KN} \\ C_y = 0,1 \text{ KN} \\ C_x = 13,47 \text{ KN} \\ \text{---} \end{cases}$$

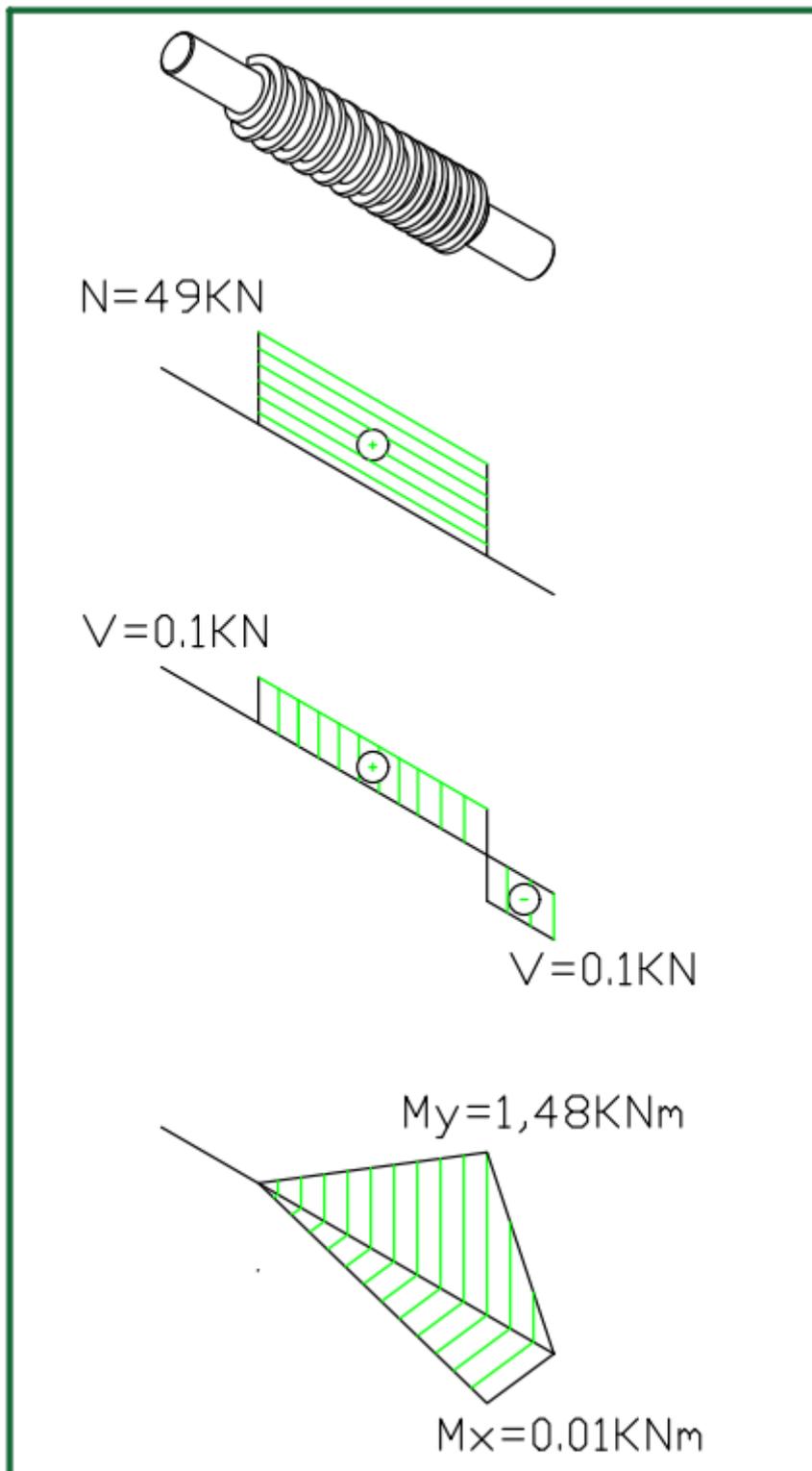


Figura 4.10: Diagrama de esforços internos

Do diagrama do momento flector e torsor tem-se[15]:

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot y_{max}}{I} \quad (4.22)$$

Para a superfície circular o momento de inercia é dado por:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot 0,05^4}{64} = 3,07 \times 10^{-7} m^4$$

$$\sigma_1 = \frac{1480 \cdot 0,025}{3,07 \times 10^{-7}} = 120,5 MPa$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{A} = \frac{49000}{\pi \frac{0,05^2}{4}} = 24,96 MPa$$

$$\sigma_t = 120,5 + 24,96 = 145,46 MPa$$

A tensão máxima de cisalhamento é dada por[15]:

$$\tau_{max} = \frac{32T \cdot r}{\pi d^4} \quad (4.23)$$

$$\tau_{max} = \frac{32 \cdot 687,78 \cdot 0,025}{\pi \cdot 0,05^4} = 28,47 MPa$$

A tensão resultante é dada por[7]:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2} \quad (4.24)$$

$$\sigma_r = \sqrt{145,46^2 + 3 \cdot 28,47^2} = \mathbf{153,6 MPa}$$

Onde:

$\sigma$ - Tensão devido ao momento flector [Mpa]

$M_{max}$ - Momento flector máximo[Nm]

$y_{max}$ - Distância perpendicular do eixo neutro a um ponto mais afastado do eixo neutro [m]

d- Diâmetro crítico do órgão executivo [m]

$\tau_{max}$ - Tensão de cisalhamento máximo [Mpa]

T- Torque máximo sobre o órgão executivo

Da tabela das propriedades do aço inox, a tensão de resistência à tracção é 550 Mpa, sendo assim, pode-se concluir que o órgão executivo suportará as solicitações.

#### 4.2.10. Dimensionamento do invólucro

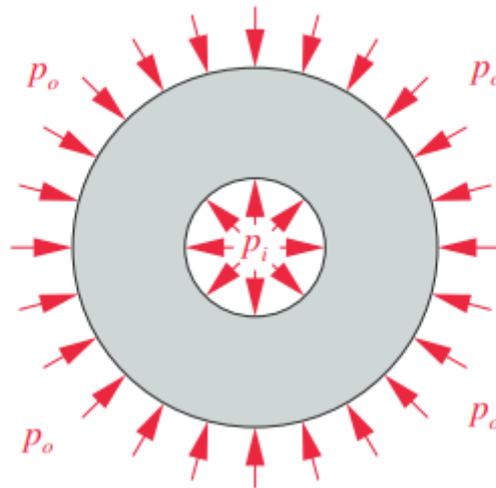


Figura 4.11: Cilindro submetido a pressão interna e externa. Fonte:[32]

Um invólucro de extremidade aberta, as suas paredes estarão submetidas a um estado de tensão com componentes de tensão nas direcções tangencial e radial [15]. Uma vez que o invólucro não é completamente aberta, considerar-se-á a componente longitudinal.

**Determinação das tensões:**

$$\sigma_t = \frac{r_i^2 p_i}{r_o^2 - r_i^2} \left( 1 + \frac{r_o^2}{r_i^2} \right) \quad (4.25)$$

$$\sigma_t = \frac{0,051^2 \cdot 28,23}{0,061^2 - 0,051^2} \left( 1 + \frac{0,061^2}{0,051^2} \right) = 159,35 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r = \frac{r_i^2 p_i}{r_o^2 - r_i^2} \left( 1 - \frac{r_o^2}{r_i^2} \right) \quad (4.26)$$

$$\sigma_r = \frac{0,051^2 \cdot 28,23}{0,061^2 - 0,051^2} \left( 1 - \frac{0,061^2}{0,051^2} \right) = -28,23 \text{ MPa}$$

os sinais indicam que no interior do invólucro a tensão tangencial é de tração e a tensão radial é de compressão.

A tensão longitudinal ou axial é dada por[15]:

$$\sigma_l = \frac{r_i^2 p_i}{r_o^2 - r_i^2} \quad (4.27)$$

$$\sigma_l = \frac{0,051^2 \cdot 28,23}{0,061^2 - 0,051^2} = 65,6 \text{ MPa}$$

Para a verificação da resistência do invólucro, calcula-se o factor de segurança recorrendo-se ao esforço de Von Misses ( $\sigma'$ )[15].

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_r^2 + \sigma_l^2 - \sigma_t\sigma_r - \sigma_t\sigma_l - \sigma_r\sigma_l} \quad (4.28)$$

$$\sigma' = \sqrt{159,35^2 + 28,23^2 + 65,6^2 - 159,35 \cdot (-28,23) - 159,35 \cdot 65,6 - (-28,23) \cdot 65,6}$$

$$\sigma' = 162,5 \text{ Mpa}$$

$$F_S = \frac{R_{aco \text{ inox}}}{\sigma'} \quad (4.29)$$

$$F_S = \frac{550}{162,5} = 3,38$$

#### 4.2.11. Selecção dos rolamentos

Para a selecção de rolamentos foi utilizado um software online concebido pela SKF, este software possibilita a determinação da vida útil dos rolamentos em função dos seguintes parâmetros: Estado de carga, número de rotações, temperatura de trabalho, tipo de lubrificação. De todos esses parâmetros, a capacidade de carga admissível e a carga máxima suportada são responsáveis pela deformação permanente do rolamento. Em função dos dados de entrada seleccionou-se os seguintes rolamentos:

- 6310-2RS1: Rolamento rígido de esferas com vedação.



Figura 4.12: Rolamento esférico. Fonte: SKF

➤ 30310: Rolamento de rolos cónicos de uma carreira



Figura 4.13: Rolamento cónico. fonte: SKF

Do software foi obtido os seguintes resultados

Tabela 4.10. Propriedades do rolamento

Parâmetros	Propriedades do rolamento esférico	Propriedades do rolamento cónico
Carga mínima	$F_r = 0,0181 \text{ KN}$	$F_r = 2,64 \text{ KN}$ e $F_a = 4,24 \text{ KN}$
Viscosidade	$K = 0,1$	$K = 0,11$
Cargas do rolamento	$C/p = 3,61$	$C/p = 1,7$
Factor de segurança estática	$S = 2,11$	$S = 2,64$
Vida nominal	$L_{10h} = 21800 \text{ h}$	$L_{10h} = 2720 \text{ h}$
Coeficiente de atrito	$M = 1590 \text{ Nmm}$	$M = 12100 \text{ Nmm}$

O cálculo e a selecção dos rolamentos foram feitos com recurso ao software online da SKF.

Para mais parâmetros dos rolamentos ver o anexo 6.

## 4.2.12. Seleção dos componentes do acionamento do motor

### Seleção do contactor

A escolha de um contactor para comandar uma carga em condições normais de serviço é realizada através de catálogos de fabricantes, baseando-se na potência, tensão, frequência e tipo de carga a ser accionada. No presente projecto, o fabricante consultado foi a WEG, onde foi escolhido o contactor **CWM18**, que possui como dados de entrada a frequência de 60Hz, uma tensão de 380 V, um carregamento normal e uma corrente nominal de 8.1A.

### Seleção do relé térmico

A escolha do relé para a proteção do motor, se assemelha ao processo de escolha do contactor, porém, o parâmetro imprescindível para a escolha do relé é a faixa de ajuste de corrente que deve conter a corrente nominal. Tendo observado esse princípio foi escolhido o relé térmico **RW17-2D**. Com o relé escolhido, será possível a paragem do motor quando houver uma sobrecarga.

E por fim, seleccionou-se a botoeira de comando montadas pois, proporcionam segurança e praticidade para o controle de equipamentos.



Figura 4.14: Botoeira.fonte[32]

## Circuito de acionamento

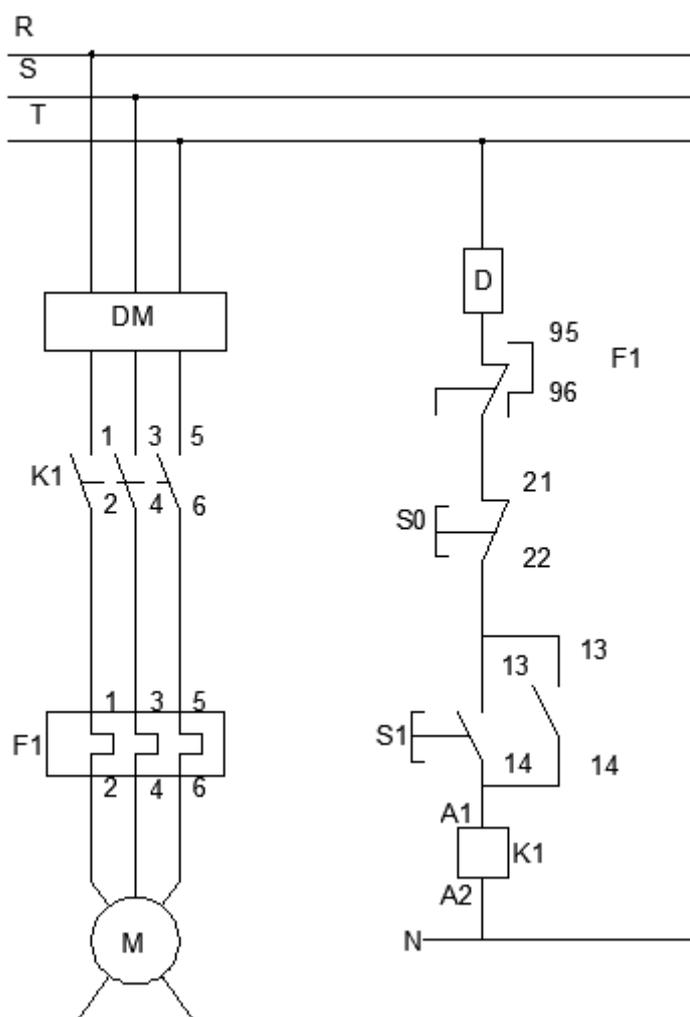


Figura 4.15: Circuito de accionamento do motor

Legenda:

DM- Disjuntor motor;

K1- Contactor

F1- Relé térmico

S0- Botoeira de stop

S1- Botoeira de partida

D- Disjuntor termomagnético.

### 4.3. Plano de Manutenção

É um documento que tem como objectivo relatar quais são as frequências e periodicidade das actividades de manutenção. Para além disso detalha em quais equipamentos essas actividades devem ser executadas, tudo isso de forma simples e clara. Para o presente projecto, foi escolhida a manutenção preventiva como o tipo de manutenção recomendável, para a disponibilidade do equipamento durante o seu período de vida útil.

Para os equipamentos adquiridos, a manutenção será baseada nas recomendações dos fabricantes.

O plano propriamente dito, pode ser observado na tabela abaixo:

Tabela 4.11: Plano de manutenção

<b>Tempo</b>	<b>Elementos Funcionais</b>	<b>Acção</b>
Semanalmente	Invólucro	Limpeza do invólucro na zona de saída do óleo e da torta
	Rampa de saída	Limpeza da rampa
Trimestralmente	Acoplamento	Verificar o desgaste da borracha e do cubo
	Rolamentos	Verificar a lubrificação dos rolamentos.  Verificar o desgaste dos mancais
Semestralmente	Motoredutor	Analisar o óleo lubrificante Monitorar a temperatura do trabalho Analisar as vibrações
	Estrutura	Verificar os elementos de ligações, como parafusos.

#### 4.4. Estimativa de Orçamento

Tabela 4.12: Estimativa de orçamento

Componentes	Preço unitário	Quantidade	Preço
Motoredutor	94707,20	1	94707,20
Acoplamento do redutor e o parafuso sem-fim	2500	1	2500,00
Parafusos	65	8	520,00
Mancal de rolamento	63326,00	1	63326,00
Cilindro			
Colector de óleo			
Caixa protetora			
Funil de alimentação			
Rolamento	1400,00	2	2800,00
Parafuso sem-fim	37969,00	1	37969,00
Pega	410,00	1	410,00
Contactora	1800,00	1	1800,00
Relé	2000,00	1	2000,00
Botoeira	1000,00	1	1000,00
Tubos	4812,00	1	4812,00
Total		211844,20	

O agrupamento do mancal de rolamento, cilindro, colector de óleo, caixa de proteção e funil de alimentação deve-se ao facto de todos componentes mencionados serem fabricados a partir de uma única chapa.

Custo	Preço
Transporte	62863,26
Mão de obra	83817,68
Total	146680,94

A estimativa do custo da implementação do projecto é de 358525,14 Mts

## Capítulo V

### 5.1. Conclusões

A projecção de máquinas e equipamentos torna-se mais relevante com a aplicação da metodologia PRODIP, visto que essa metodologia busca a satisfação das necessidades dos eventuais usuários dos equipamentos a serem projectados. O projecto de dimensionamento da prensa de parafuso é relevante visto que responde a necessidade de possuir energia biodegradável.

Todos os objectivos traçados no começo do trabalho foram concluídos satisfatoriamente.

No que se refere ao nível de uso da prensa na indústria alimentar, notou-se que com as prensas disponíveis é possível melhorar consideravelmente a dieta de um país e o estado nutricional dos seus habitantes.

No que se refere ao tipo de prensa usada na indústria alimentar, conclui-se que a prensa expeller é a mais ideal para a trituração de sementes, sobretudo quando pretende-se extrair óleo de algumas sementes oleaginosas.

No que se refere a constituição da prensa expeller, foi notado que essa depende da aplicação da mesma. A estrutura funcional é básica visto que usa o conceito do parafuso de Arquimedes, porem, o accionamento do parafuso pode ser feito de varias maneiras, em função da força que se pretende obter no órgão executivo.

No que se refere ao dimensionamento da prensa, foi estabelecido em função da disponibilidade da matéria-prima um caudal volumétrico de 28 L/h, o que significa que por mês prevê-se uma média 4.480 litros de óleo e por ano 53.760 litros.

No que se refere a viabilidade económica, o projecto demanda 356.225,14 meticais e com a quantidade de óleo produzido, em 6 meses haverá o retorno de todo o valor investido.

A prensa de parafuso dimensionado, pode ser adaptado para a extracção de óleo de varias sementes como: Milho, amendoim, soja, gergelim, girassol.

## 5.2. Recomendações

Durante a elaboração do presente trabalho, alguns pontos que complementam em certa medida o estudo não foram abordados devido a delimitação do tema, porém como sugestão para análise nos próximos trabalhos podem ser observados. Os pontos por serem estudados são:

- 1- Fazer-se um estudo da temperatura gerada pelo processo de extração de óleo;
- 2- Fazer-se um estudo para a filtragem do óleo, visto que a saída do óleo pelos orifícios do invólucro pode conter algumas partículas de semente;
- 3- Por fim fazer-se um estudo para a aplicação de energia solar com vista a minimizar os custos de aquisição de energia na EDM .

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BACK, Nelson et al. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Barueri: Manole, 2008. 648 p.
- [2] BARBOSA FILHO, A. N. Segurança do trabalho e gestão ambiental. São Paulo: Atlas, 2019.
- [3] BERK,Z. Food Process Engineering and Tecnology, Elsevier, 2009
- [4] Dias, S.,Rodrigues,J.,Bianchi,F.,Vasconcelos,M.,Barradas,G.Manual dos roteiros tecnológicos do óleo e do biodiesel de jatropha crucas L. Galp,2013.
- [5] FREIRIA, E. F. C. Tecnologia de alimentos. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 208 p.
- [6] Grundy, I.M., Campbel, B.M. (1993) Potencial Production and Utilisations of Oil from Trichilia SPP (Meliaceae). Economic Botany, 47 (2), 148-153
- [7] Groover, M. P. (1997). Fundamentos de manufactura moderna. México: Editorial HISPANOAMÉRICA
- [8] IEA International Energy Agency (2004) Biofuels for transport: an international
- [9] INE (2005), Statistical Yearbook, Maputo, Mozambique
- [10] JOHSTON, M. & Holloway, T. (2007) “A global comparison of National production Potentials” **Environmental Science & Technology**.
- [11] KNOTHE, G., GERPEN, J., KRAHL, J. (2005) The Biodiesel Handbook, 286pp
- [12] Kessler, N. (1985) Understanding Solvent Extraction of Vegetable Oils, The VITA “Understanding Technology” Series Technical Paper # 41
- [13] LIDON,F.M.S. industrias Alimentares Aditivos e Tecnologia. Lisboa: Escolar Editora 2007.
- [14] MATAVEL, N.; CHAVES, G. Caracterização do Setor de Biodiesel no Moçambique. Espacios, v. 36, 2015.
- [15] NORTON, Robert L. Projeto de Máquinas – Uma abordagem integrada. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

- [16] SIMÕES, D. 2013. *Viabilidade de utilização de mafurra para a produção de biodiesel*, Lisboa, Faculdade de ciência, departamento de engenharia geográfica, geofísica e energia 77pp(dissertação de mestrado)
- [17] SINGH, J., BARGALE, P.C. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of food engineering*, v. 43, p. 75-82, 2000.
- [18] SLAVIERO, Guilherme. *Projecto de um triturador de pequeno porte para reciclagem de polímeros empregados em manufaturara aditiva*, Santa Maria. 2022
- [19] SIMÕES, D. 2013. *Viabilidade de utilização de mafurra para a produção de biodiesel*, Lisboa, Faculdade de ciência, departamento de engenharia geográfica, geofísica e energia 77pp(dissertação de mestrado)
- [20] SINGH, J., BARGALE, P.C. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression. *Journal of food engineering*, v. 43, p. 75-82, 2000.
- [21] TIQUE, José, *Caracterização morfológica da mafurreira em Chidenguele e na Cidade de Maputo*,Maputo,2006.
- [22] Vermaak, I., Kamatou, G.P.P., Mofokeng, B., Viljoen, A.M., Beckett, K (2011) African seed oils of commercial importance- Cosmetic applications, *South African Journal of Botan*7.
- [23] VIERA, N. de M. *caracterização de cadeia produtiva da soja em goias*,2002. *Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção)-programa de pós-graduação em Engenharia de produção*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianopolis, 2002.
- [24] PARENTE, J. *Biodiesel: uma aventura Tecnológica num país engraçado*. Fortaleza 2003
- [25] WILLEMS, P, KUIPERS N.J.M., DE HAAN A.B.. Hydraulic pressing of oilseeds: Experimental determination and modeling of yield and pressing rates. *Journal of Food Engineering* 89 (2008) 8–16
- [26] Zílio, J., Liddell, D., Muende, C., Nogueira, A. (2008) *Avaliação dos Biocombustíveis em Moçambique*, Econergy, Preparado para o Ministério da Agricultura de Moçambique e para o Ministério da Energia de Moçambique, 515pp

## Outras referencias

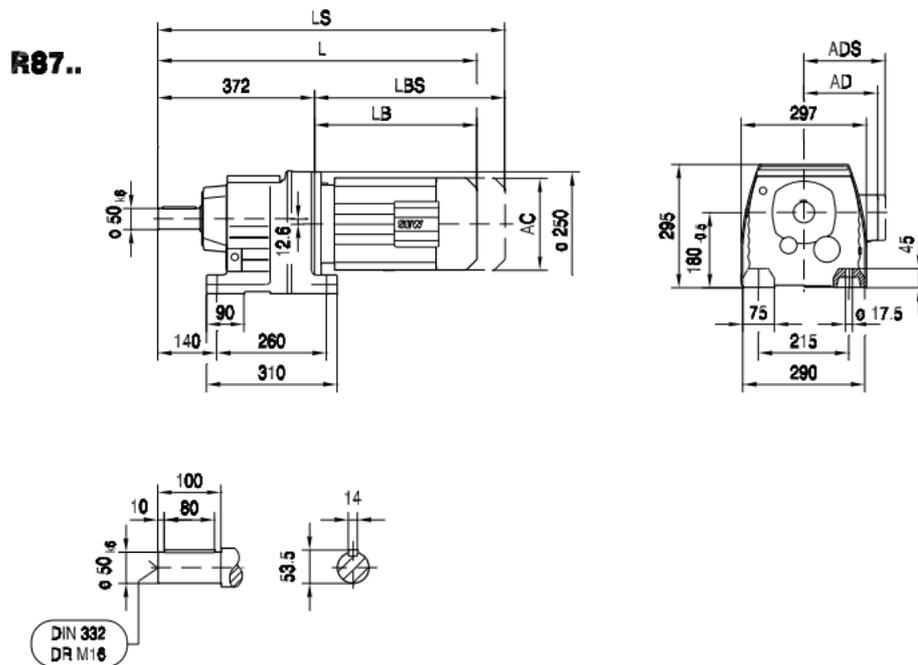
- [27] [https:// www.socientifica.com.br/parafuso-sde-arquimedes/](https://www.socientifica.com.br/parafuso-sde-arquimedes/) (Acesso 09 de setembro de 2023).
- [28] [https:// www.mundoeducacao.uol.com.br/amp/quimica/combustiveis.htm](https://www.mundoeducacao.uol.com.br/amp/quimica/combustiveis.htm) (Acesso 18 de agosto de 2023).75-82, 2000.
- [29] Mordor Intelligence Mercado europeu de Biodiesel-crescimento, tendências, impacto do Covid-19 e Previsoes(2023-2028) disponível em <https://www.mordorintelligence.com/pt/industry-reports/europe-biodiesel-market> (acesso 16/08/2023).
- [30] Principio das operações unitárias no processamento de alimentos, disponível em <http://tecalim.vilabol.com.br>(acesso em 11 de agosto de 2023)
- [31] UDOP-União Nacional da Bioenergia, disponível em <https://www.udop.com.br/noticia/2023/07/04/producao-de-biodiesel-devera-crescer-mais-de-15-em-2023.html> (acesso 16/08/2023).
- [32] TAQUES, M.M. apostila Comandos Elétricos industriais. Joinville,IFSC,2016.

# Anexos

## Anexo 1. Característica do Motoredutor

$P_m$ [kW]	$n_a$ [rpm]	$M_a$ [Nm]	$i$	$F_{Ra}^{1)}$ [N]	SEW $f_B$					$m$ [kg]	
<b>3,0</b>	17	1740	103,65	15500	0,90						
	18	1560	93,38	16800	1,00						
	21	1370	81,92	18100	1,15						
	24	1220	72,57	18900	1,25						
	27	1070	63,68*	19600	1,45	R	87	DZ	100L4	82	232
	28	1010	60,35*	19800	1,55	RF	87	DZ	100L4	89	233
	32	880	52,82	19600	1,75						
	36	795	47,58	19000	1,95						
	41	700	41,74	18400	2,2						
	46	615	36,84*	17700	2,5						
	30	970	57,68	6810	0,85						
	33	870	52,07	9410	0,95						
	37	770	45,81	10400	1,05	R	77	DZ	100L4	55	230
	40	725	43,26	10700	1,15	RF	77	DZ	100L4	61	231
	46	615	36,83	11500	1,35						
	51	560	33,47	11500	1,45						
	59	485	29,00	11100	1,70						
	68	425	25,23	10700	1,85						
	125	230	6,79	9190	2,5	R	77	DX	132M8	115	230
						RF	77	DX	132M8	120	231
	105	275	10,88	9570	2,4	R	77	DX	132S6	71	230
						RF	77	DX	132S6	77	231
	73	390	23,37	10500	2,1	R	77	DZ	100L4	54	230
	80	360	21,43	10300	2,3	RF	77	DZ	100L4	60	231
91	315	18,80	9950	2,5							
43	670	39,88*	4250	0,85							
46	630	37,50	7210	0,90	R	67	DZ	100L4	49	228	
53	540	32,27	8210	1,00	RF	67	DZ	100L4	52	229	
59	485	28,83	8730	1,10							
155	185	7,36*	6920	2,0							
182	158	6,27	6610	2,1	R	67	DX	132S6	64	228	
200	143	5,70	6430	2,2	RF	67	DX	132S6	67	229	
231	124	4,93	6170	2,3							
266	108	4,29	5930	2,5							

## Anexo2. Dimensões do conjunto Motoredutor

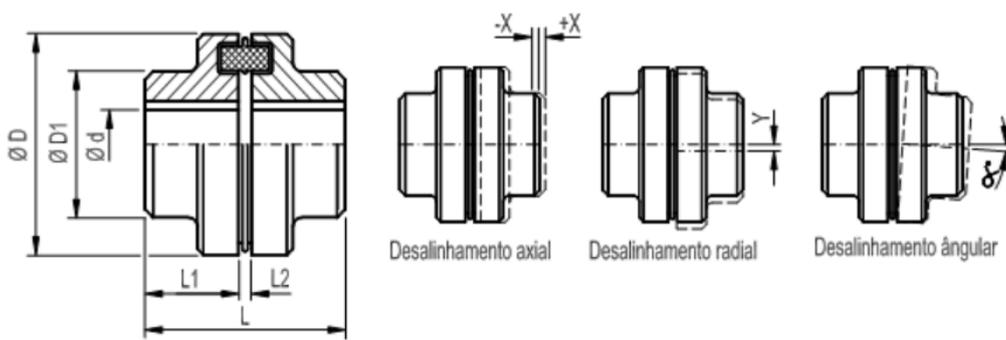


(→ 102)	DZ80..	DZ90..	DZ100..	DX112M	DX132S	DX132M	DX132ML	DX160M	DX160L	DX180..
AC	145	197	197	221	221	275	275	275	331	331
AD	122	154	166	179	179	230	230	230	258	258
ADS	127	161	166	182	182	230	230	230	258	258
L	610	629	709	712	757	779	839	839	886	958
LS	674	714	794	792	837	891	951	951	1042	1114
LB	238	257	337	340	385	407	467	467	514	586
LBS	302	342	422	420	465	519	579	579	670	742

### Anexo 3. Catálogo dos Acoplamentos MADEFLEX GR

#### Características Técnicas dos acoplamentos MADEFLEX Gr

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	D	D1	Ø máx	L	L1	L2	Torque Nomin al kgfem	rpm máx.	J Kg·m <sup>2</sup>	Peso total	Desalinhamento		
												Axial ± X	Radial Y	Angular α°
9.15	GR 050	50	33	22	52	25	2,0 ± 0,5	2,3	12500	0,0002	0,47	0,5	0,5	1,5
9.16	GR 067	67	46	30	64,5	30	4,5 ± 0,5	4,0	10000	0,0004	0,96	0,5	0,5	1,5
9.17	GR 082	82	53	38	84	40,5	3,0 ± 1,0	9,0	8000	0,0012	1,92	1,0	0,5	1,5
9.18	GR 097	97	68	45	104	50,5	3,0 ± 1,0	18,9	7000	0,0028	3,60	1,0	0,5	1,5
9.19	GR 112	112	79	50	123,5	60	3,5 ± 1,0	30,0	6000	0,0052	5,30	1,0	0,5	1,2
9.20	GR 128	128	90	60	143,5	70	3,5 ± 1,0	48,2	5000	0,0112	8,06	1,0	0,6	1,2
9.21	GR 148	148	107	70	165,5	81	3,5 ± 1,0	75,0	4500	0,0190	12,56	1,0	0,6	1,2
9.22	GR 168	168	124	80	185,5	91	3,5 ± 1,5	125	4000	0,0460	18,82	1,5	0,6	1,2
9.23	GR 194	194	140	90	204,5	100,5	3,5 ± 1,5	200	3500	0,0950	27,29	1,5	0,7	1,2
9.24	GR 214	214	157	98	224	110	4,0 ± 2,0	304	3000	0,1506	36,62	2,0	0,7	1,2
9.25	GR 240	240	180	112	247	121,5	4,0 ± 2,0	485	2750	0,2506	52,62	2,0	0,7	1,2
9.26	GR 265	265	198	125	285,5	140	5,5 ± 2,5	592	2500	0,4306	68,00	2,5	0,7	1,2
9.27	GR 295	295	214	135	308	150	8,0 ± 2,5	770	2250	0,6856	88,90	2,5	0,8	1,2
9.28	GR 330	330	248	160	330	161	8,0 ± 2,5	1009	2000	1,2606	128,0	2,5	0,8	1,0



## Anexo 4

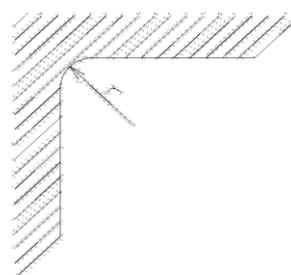
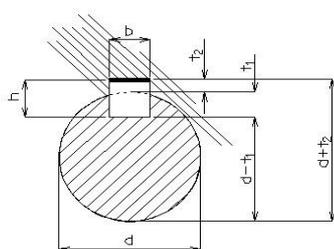
**Table 14.1** Reported Power Law Models (Eq. 14.2) for Food Extrudates

Material	$K_0$	$n$	Temperature range (°C)	Moisture range (%)	A (K)	$B$ (1/% $M_{DB}$ )	Reference
Cooked cereal dough (80% corn grits, 20% oat flour)	78.5	0.51	67–100	25–30	2500	-7.9 <sup>a</sup>	Harper et al., 1971
Pregelatinized corn flour	36.0	0.36	90–150	22–35	4390	-14	Cervone and Harper, 1978
Soy grits	0.79	0.34	35–60	32	3670	-	Remsen and Clark, 1978
Hard wheat dough	1885	0.41	35–52	27.5–32.5	1800	-6.8	Levine, 1982
Corn grits	28,000	-0.5	177	13	-	-	van Zuilichem et al., 1974
	17,000	-0.5	193	13	-	-	
	7600	-0.5	207	13	-	-	
Full-fat soybeans	3440	0.3	120	15–30	-	-	Fricke et al., 1977
Moist food products	223	0.78	95	35	-	-	Tsao et al., 1978
Pregelatinized corn flour	17,200	0.34	88	32	-	-	Hermann and Harper, 1974
Sausage emulsion	430	0.21	15	63	-	-	Toledo et al., 1977
Semolina flour	20,000	0.5	45	30	-	-	Nazarov et al., 1971
Defatted soy	110,600	0.05	100	25	-	-	Jao et al., 1978
	15,900	0.40	130	25	-	-	
	671	0.75	160	25	-	-	
	78,400	0.13	100	28	-	-	
	23,100	0.34	130	28	-	-	
	299	0.65	160	28	-	-	
	28,800	0.19	100	35	-	-	
	28,600	0.18	130	35	-	-	
17,800	0.16	160	35	-	-		
Wheat flour	4450	0.35	33	43	-	-	Launay and Bure, 1973
Defatted soy flour	1210	0.49	54	25	-	-	Luxenburg et al., 1985
	868	0.045	54	50	-	-	
	700	0.43	54	75	-	-	
	1580	0.37	54	85	-	-	
	2360	0.31	54	100	-	-	
	2270	0.31	54	110	-	-	

<sup>a</sup>Wet basis moisture content

Indústria e Comércio Ltda.

**TABELA DE FURO E RASGO DE CHAVETA  
CONFORME NORMA DIN 6885/1**



Ø do eixo		Dimensões da Chaveta		Tolerância Admissível		Tolerância Admissível		Arredondamento no fundo	
d		Aço AISI 1045 Trefilado						p/ o eixo e cubo.	
Acima de	Até	Largura b	Altura h	t <sub>1</sub>		t <sub>2</sub>		máximo	mínimo
6	8	2	2	1,2	+ 0,1	1	+ 0,1	0,16	0,08
8	10	3	3	1,8	+ 0,1	1,4	+ 0,1	0,16	0,08
10	12	4	4	2,5	+ 0,1	1,8	+ 0,1	0,16	0,08
12	17	5	5	3	+ 0,1	2,3	+ 0,1	0,25	0,16
17	22	6	6	3,5	+ 0,1	2,8	+ 0,1	0,25	0,16
22	30	8	7	4	+ 0,2	3,3	+ 0,2	0,25	0,16
30	38	10	8	5	+ 0,2	3,3	+ 0,2	0,4	0,25
38	44	12	8	5	+ 0,2	3,3	+ 0,2	0,4	0,25
44	50	14	9	5,5	+ 0,2	3,8	+ 0,2	0,4	0,25
50	58	16	10	6	+ 0,2	4,3	+ 0,2	0,4	0,25
58	65	18	11	7	+ 0,2	4,4	+ 0,2	0,4	0,25
65	75	20	12	7,5	+ 0,2	4,9	+ 0,2	0,6	0,4
75	85	22	14	9	+ 0,2	5,4	+ 0,2	0,6	0,4
85	95	25	14	9	+ 0,2	5,4	+ 0,2	0,6	0,4
95	110	28	16	10	+ 0,2	6,4	+ 0,2	0,6	0,4





## 30310

### Rolamento de rolos cônicos de uma carreira

Os rolamentos de rolos cônicos de uma carreira são projectados para suportar cargas radiais e axiais pareadas e proporcionar baixo atrito durante a operação. O anel interno, com conjunto de gaiola e rolos, pode ser montado separadamente do anel externo. Esses componentes separáveis e intercambiáveis facilitam a montagem, desmontagem e manutenção. Ao montar um rolamento de rolos cônicos de uma carreira contra outro e aplicar uma pré-carga, é possível obter uma aplicação de rolamento rígido.

- Capacidade de carga radial alta e axial
- Suporta cargas axiais em uma direcção
  - Baixo atrito e longa vida útil
- Componentes separáveis e intercambiáveis

## Overview

### Dimensões

Diâmetro do furo	50 mm
Diâmetro externo	110 mm
Largura, total	29.25 mm
Largura, anel interno	27 mm
Largura, anel externo	23 mm
Ângulo de contato	12.953 °

## Desempenho

Classificação de carga dinâmica básica	154 kN
Classificação de carga estática básica	140 kN
Velocidade de referência	5 300 r/min
Velocidade-limite	6 300 r/min
Classe de desempenho SKF	SKF Explorer

## Propriedades

Peça do rolamento	Rolamento completo
Número de carreiras	1
Recurso de localização, anel externo do rolamento	Nenhum
Tipo de furo	Cilíndrico
Gaiola	Metal laminado
Arranjo do ângulo de contato (rolamento de duas carreiras)	Não aplicável
Arranjo pareado	Não
Revestimento	Sem
Vedação	Sem
Lubrificante	Nenhum
Recurso de lubrificação	Sem

## Logística

Peso líquido do produto	1.25 kg
Código eClass	23-05-09-10
Código UNSPSC	31171516

## 6310-2RS1



### **Rolamento rígido de esferas com vedações ou proteções**

Os rolamentos rígidos de esferas de uma carreira com vedações ou proteções são particularmente versáteis, possuem baixo atrito e são otimizados para baixo ruído e baixa vibração, o que permite uma alta velocidade de rotação. Eles suportam cargas radiais e axiais em ambas as direcções, são fáceis de montar e requerem menos manutenção do que muitos outros tipos de rolamentos. A vedação integral pode prolongar significativamente a vida útil do rolamento, pois mantém o lubrificante dentro dos rolamentos e os contaminantes fora. • Vedação integral prolonga vida útil do rolamento

- Modelo simples, versátil e robusto
- Baixo atrito e capacidade de alta velocidade
- Suporta cargas radiais e axiais em ambas as direcções
  - Requer pouca manutenção

### **Dimensões**

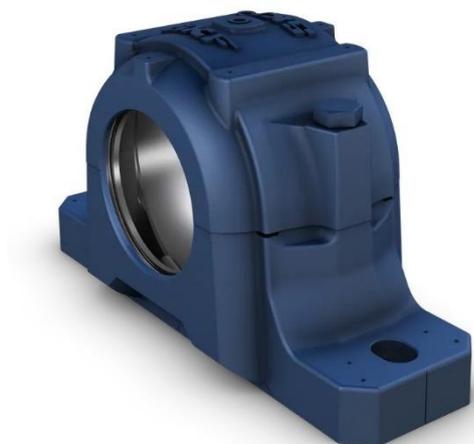
Diâmetro do furo	50 mm
Diâmetro externo	110 mm
Largura	27 mm

## Desempenho

Classificação de carga dinâmica básica	65 kN
Classificação de carga estática básica	38 kN
Velocidade-limite	4 300 r/min
Classe de desempenho SKF	SKF Explorer

## Propriedades

Rasgos de entrada	Sem
Número de carreiras	1
Recurso de localização, anel externo do rolamento	Nenhum
Tipo de furo	Cilíndrico
Gaiola	Metal laminado
Arranjo pareado	Não
Folga interna radial	CN
Classe de tolerância	Classe P6 (P6)
Material, rolamento	Aço para rolamentos
Revestimento	Sem
Vedação	Vedação em ambos os lados



## SNL 205

### Caixa de mancal (plummer block) bipartida – séries SNL 2, 3, 5 e 6

As caixas de mancal (pillow) SNL são as caixas de mancal da SKF mais populares no mercado, desenvolvidas para serem a primeira escolha em design, qualidade e economia. Elas permitem que os rolamentos incorporados alcancem vida útil máxima com menos necessidade de manutenção. Diferentes variações de caixas de mancal e modelos de vedações estão disponíveis, tornando o uso de caixas de mancal personalizadas praticamente desnecessário e permitindo arranjos de rolamentos econômicos.

#### Dimensões

Diâmetro do assento	52 mm
Largura do assento do rolamento	25 mm
Altura central (caixa de mancal)	40 mm
Distância central entre os furos de parafuso	130 mm
Diâmetro do parafuso de fixação	12 mm

#### Propriedades

Tipo de caixa de mancal	Caixa de mancal (pillow)
Configuração da caixa de mancal	Duas peças
Arranjo de Montagem	Eixo inteiro/Extremidade do eixo
Número de furos de parafuso para fixação	2
Material, caixa de mancal	Ferro fundido
Tipo de vedação da caixa de mancal	Sem
Recurso/possibilidade de	Graxa

# Apêndice

## APÊNDICE A - PESQUISA DE MERCADO

A máquina deve possuir uma trituração contínua



32 respostas

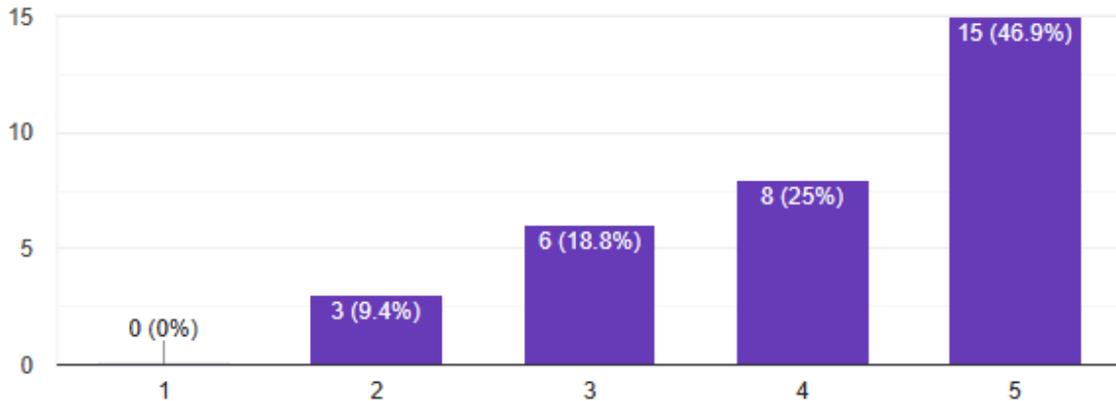


Figura 16: Pesquisa de mercado- trituração contínua. Fonte(autor)

A figura (1), mostra o resultado do requisito que considera a trituração contínua das sementes. E os resultados (46.9%) se concentraram no ponto que indica maior importância. Isso significa que esse requisito é vital para a aceitação do produto.

A máquina deve ser motorizada?



32 respostas

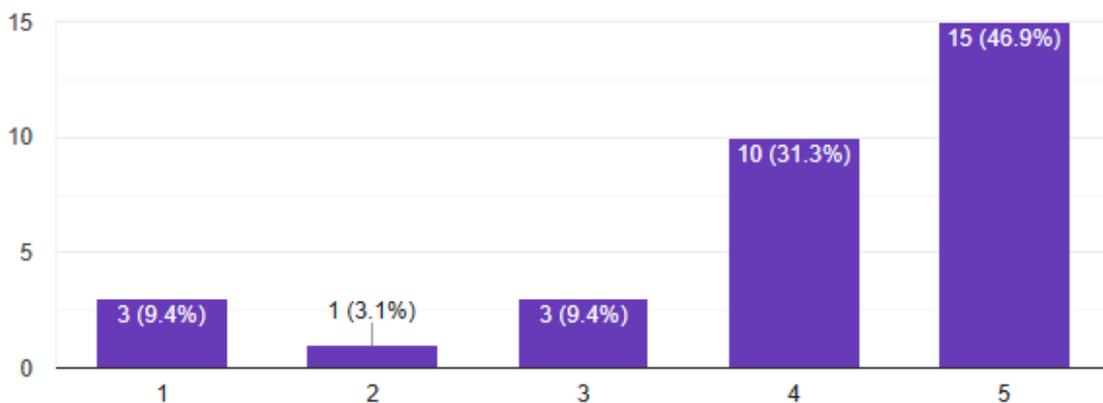


Figura 17: Pesquisa de mercado- Ser motorizado Fonte(autor)

O requisito “Ser motorizado”, a maioria das respostas (46.9%) se concentrou no item que indica maior importância. Isso significa que esse requisito é vital para a aceitação do produto. Portanto, deve-se analisar com bastante atenção para o dimensionamento e escolha

do motor em questão, pois se trata de um requisito atrelado a outros, como por exemplo preço.

### A máquina deve ser segura?



32 responses

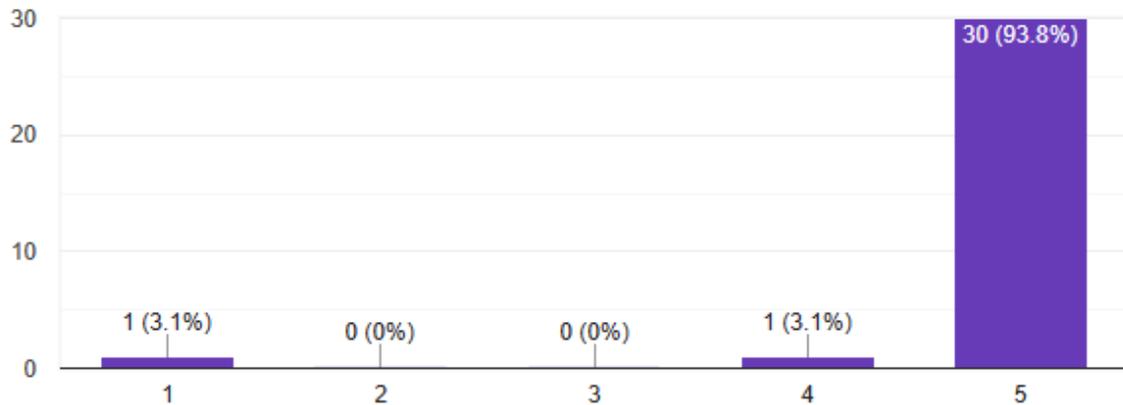


Figura 18: Pesquisa de mercado- ser segura. Fonte(Autor)

“Ser seguro”, é de maior importância, ou seja, imprescindível para aceitação do produto. Nesse caso, o produto não terá aceitação no mercado caso não cumpra exigências mínimas de segurança, o que se justifica, já que se trata de uma máquina com potenciais riscos para o operador. Essa implicação exige também que seu funcionamento seja claro e preciso, com procedimento simples e etapas bem definidas.

## A máquina deve ser silenciosa



32 responses

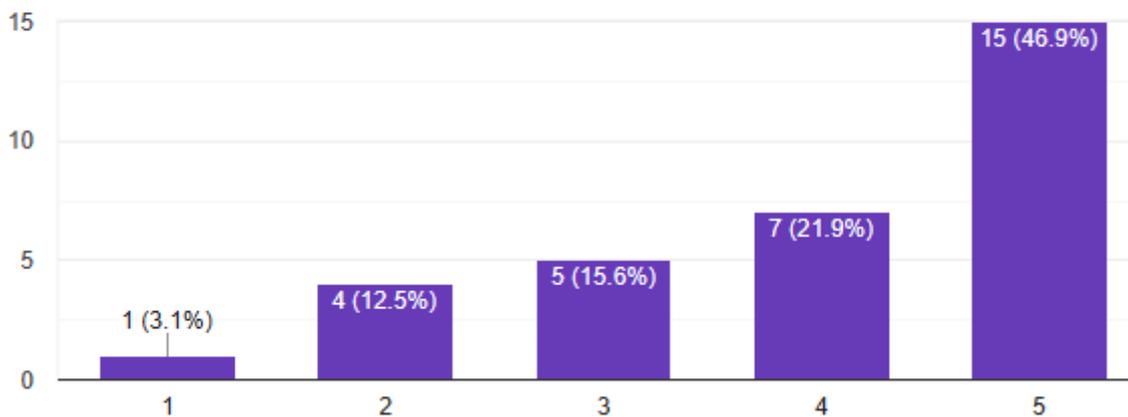


Figura 19: Pesquisa de mercado- ser Silenciosa. Fonte (Autor)

“Ser silencioso”, é um requisito importante, e o pico dos resultados foi de (46.9%), o que torna indispensável ser requisito porém, desafiador para a sua concretização. O que fica claro é que a máquina não deve emitir ruído excessivo, a fim de não comprometer a saúde do operador durante uso prolongado, entretanto há uma certa tolerância para tal.

## A máquina deve ser fácil de ser transportada



32 responses

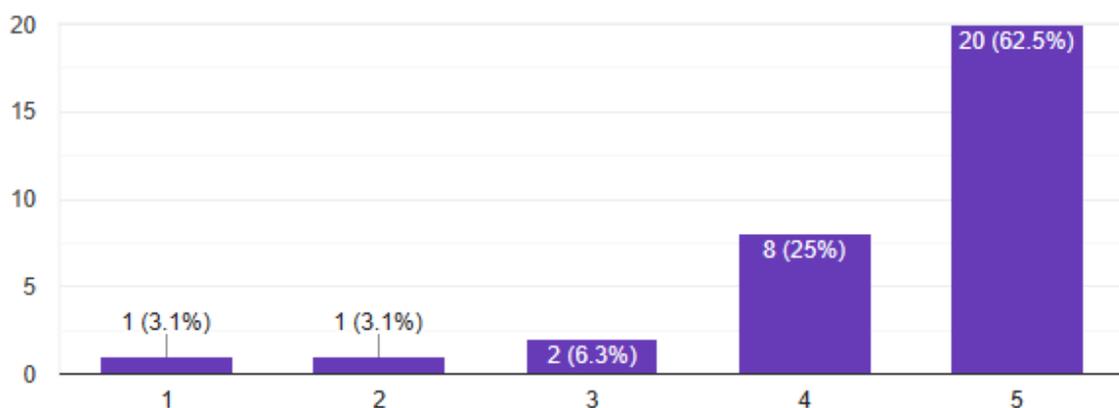


Figura 20: Pesquisa de mercado-ser Transportável. Fonte(Autor)

“Seja fácil de transportar”, indicado pela Figura 5, possuem maior importância. Isso significa que se espera que o produto tenha certa mobilidade, porém não se trata de um requisito

essencial. Para melhor atendimento às expectativas, pode apresentar rodas em sua estrutura, aumentando sua mobilidade.

### A máquina deve ser automatizado



32 responses

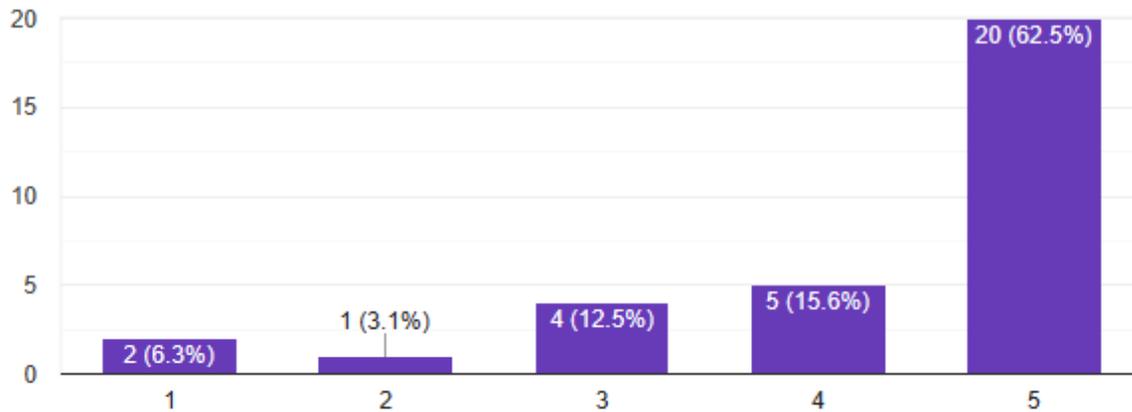


Figura 21: Pesquisa de mercado- ser automatizado. Fonte(Autor)

“Ser automatizado”, se refere ao comportamento da própria prensa detectar material não desejado no sistema produtivo, desligando a maquina sempre que a potencia solicitada for maior que a do uso normal. Como o resultado mostra que a faixa de maior importância teve maior destaque, a expectativa é que o produto atenda a esse requisito.

### A máquina deve ser leve



32 responses

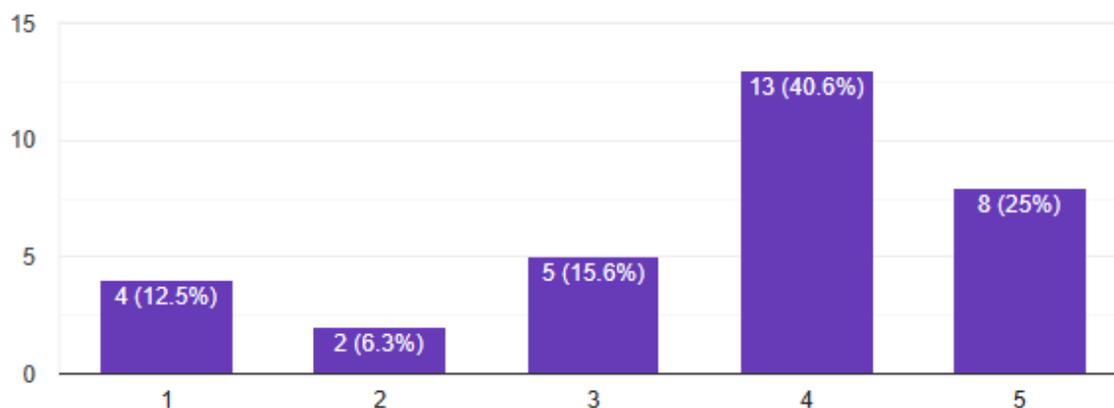


Figura 22: Pesquisa de mercado- ser leve. Fonte(Autor)

“Ser leve”, indicado pela Figura 59, também apresentou um resultado equilibrado, que tende para a maior importância. Isso revela a expectativa de que o produto seja leve, porém não é um factor essencial.

### A máquina deve ter um longo período de vida útil



32 responses

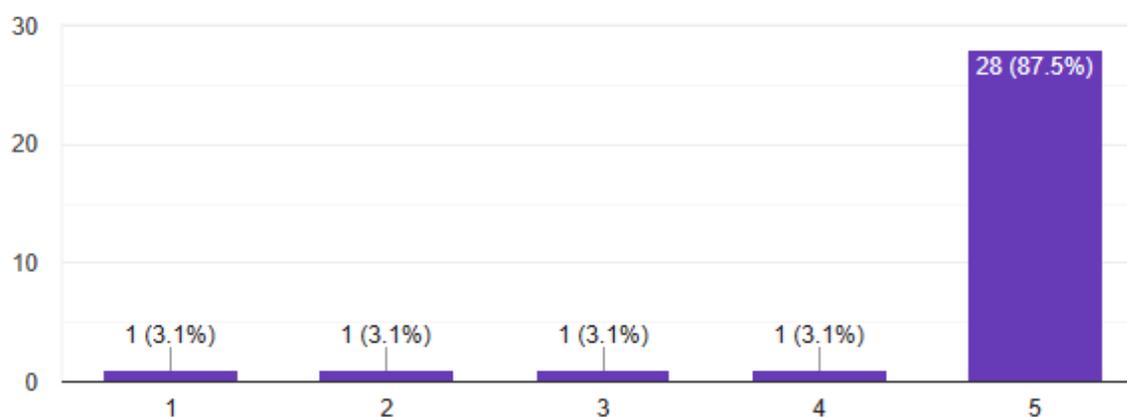


Figura 23: Pesquisa de mercado- longevidade. Fonte(Autor)

A Figura 8 mostra os resultados do requisito “Seja durável”. A maior parte das respostas (87.5%) se concentra no item de maior importância. Isso revela a expectativa de que o produto

tenha boa qualidade e seja resistente à oxidação. É um requisito que se relaciona directamente com o preço final do produto, já que se refere aos materiais utilizados na confecção do mesmo.

### A máquina deve ser esteticamente agradável



32 responses

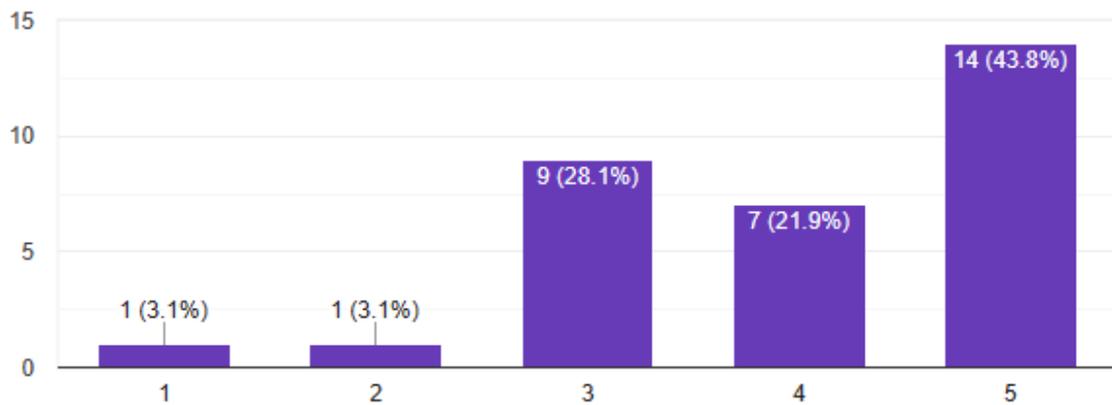


Figura 24.:Pesquisa de mercado- deve ser esteticamente agradável . Fonte(Autor)

O requisito “Seja esteticamente agradável”, tem seu resultado representado na Figura 9. A maioria das respostas (36,6%) se concentrou no item de maior importância, porém, esse requisito é muito subjetivo o que significa que não é um item relevante para ser considerado com rigor.

## A máquina deve ser barato



32 responses

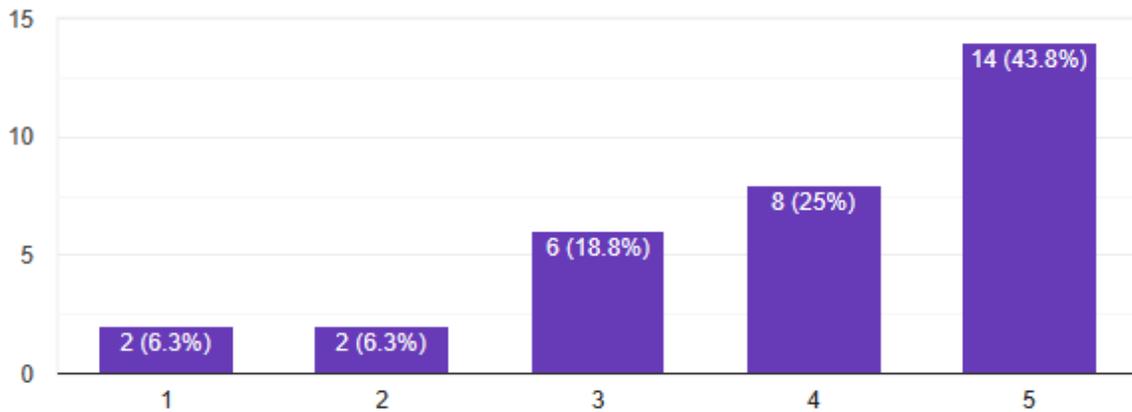


Figura 25::Pesquisa de mercado- ser barato. Fonte(Autor)

A Figura 10 mostra os resultados para o requisito “Seja barato”. Se trata de um item que se espera o atendimento, já que 43,8% dos respondentes indicaram ser de muita importância. Para atender a essa expectativa, os demais requisitos deverão ser analisados com cautela, já que todos se relacionam com o valor final do produto de alguma forma.