



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO: ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

Projecção e dimensionamento de uma máquina para processamento do pedúnculo de caju para obtenção de sumo

Autor:

NHAMPULO, Alice Benjamim

Supervisores:

Eng^a. Alima Averu

Eng^o. Roberto David

Maputo, Dezembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO: ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Projeção e dimensionamento de uma máquina para
processamento do pedúnculo de caju para obtenção de sumo**

Autor:

NHAMPULO, Alice Benjamim

Supervisores:

(Eng^o. Roberto David)

(Eng^a. Alima Averu)

Maputo, Dezembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO: ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL



TRABALHO DE LICENCIATURA

Projeção e dimensionamento de uma máquina para processamento do pedúnculo de caju para obtenção de sumo

Eu Alice Benjamim Nhampulo, estudante do 5º nível do curso de Engenharia de Gestão Industrial da Faculdade de Engenharia, da Universidade Eduardo Mondlane, submeto este trabalho como requisito para a aquisição do grau de Licenciatura em Engenharia de Gestão Industrial.

Aprovado por:

Engenheiro Roberto Luciano David, Supervisor

Engenheira Alima Averu, Supervisor

Membro do júri 1

Membro do júri 2

Membro do júri 3

Maputo, Dezembro de 2022

INDÍCE:

TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO DE LICENCIATURA	v
AGRADECIMENTOS.....	vi
DEDICATÓRIA	vii
DECLARAÇÃO DE HONRA	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRAC	xiv
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Introdução	1
1.2 Problemática	2
1.2.1 Problema de Estudo	2
1.3 Objectivos	2
1.3.1 Objectivo geral	2
1.3.2 Objectivo específico.....	2
1.3.3 Objecto de estudo.....	3
1.4 Perguntas da investigação	3
1.5 Justificativa	3
1.6 Estrutura de trabalho	4
2 CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 História de exploração de caju	5
2.2 Produtos de caju	6
2.2.1 Sumo do pedúnculo de caju.....	6
2.2.2 Importância de sumo de caju.....	6
2.2.3 Processamento do pedúnculo de caju para a fabricação de sumo.....	7
2.2.4 Descrição do fluxograma de processamento	9
2.3 Tipos de maquinas de processamento do pedúnculo de caju.....	10
2.3.1 Classificação das maquinas segundo os tipos de prensa.....	11

2.3.1.1	Maquina de Prensa expeller	12
2.3.1.2	Prensas finisher da JBT	12
2.3.2	Componentes de máquina de processamento de caju	14
2.4	Energia solar fotovoltaico	16
2.4.1	Princípio de funcionamento	17
2.4.2	Tipo de sistema fotovoltaico	17
2.4.3	Componentes de sistema fotovoltaico	20
3	CAPÍTULO III- CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO.....	23
3.1	Protótipo escolhido	24
4	CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMA	26
4.1.	Tipo de Ivestigação	26
4.2.	Instrumentos e procedimentos para recolha, tratamento e análise de dados.....	26
4.2.1.	Tecnicas/Intrumentos para recolha de dados	26
5	CAPÍTULO V - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	27
5.1.	Apresentação e Análise dos Resultados.....	27
5.1.1	Condições iniciais a serem consideradas no Projecto.....	27
	Cálculo de potência de accionamento	28
	Escolha do motor electrico	28
5.1.2	Cálculo de elementos de transmissão de movimento	29
	Cálculo dos parâmetros geométricos das polias	35
5.1.3	Órgão executivo	36
	Determinação das dimensões de veio do rolo	37
5.1.4.	Escolha do rolamento.....	39
5.2.	Calculo dos parâmetros do sistema fotovoltaico	40
5.2.1.	Cálculo de potência teórica do sistema fotovoltaico	40
5.2.2.	Cálculo de quantidade de painéis	41
5.2.3.	Dimensionamento de inversor.....	43
5.2.4.	Dimensionamento do banco de baterias	45
5.2.5.	Dimensionamento de controlador de carga	47
5.3.	Discussão dos Resultados	48
5.4.	Viabilidade económica do Projecto.....	49
5.5.	Métodos de manutenção das maquinas e Painéis Fotovoltaico	50

5.5.1.	Manutenção de componentes mecânicos.....	50
5.5.2.	Manutenção de componentes fotovoltaicos.....	51
5.5.2.3.	O valor investido na manutenção	52
5.5.2.4.	Cuidados com a limpeza dos painéis fotovoltaicos	52
6.	CAPÍTULO IV- CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	54
6.4.	CONCLUSÃO	54
6.5.	RECOMENDAÇÕES	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	55
	ANEXOS	57
	Apendice A– Circuito controlador geral de sistema fotovoltaico.....	62
	Apendice B – Máquina de processamento de sumo de caju	63
	Apendice C – Desenhos de fabricação	64

TERMO DE ENTREGA DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que a estudante: Alice Benjamim Nhampulo entregou no dia ____ / ____ / 2022 as 3 cópias do seu trabalho de licenciatura com a referência: _____, intitulado: Projecção e dimensionamento de máquina de processamento de pedúnculo de caju para obtenção de sumo.

Maputo, ____ de ____ de 20 ____

O Chefe da Secretaria

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a Deus por ter me dado forças para realizar este trabalho e agradecer a minha família pela ajuda na minha educação até este momento. Agradecer também aos Professores do Departamento de Engenharia Mecânica em particular a Eng^a Alima Averu e ao Eng^o. Roberto David por terem disponibilizado seu rico tempo e terem-me orientado para realizar este projeto que não seria possível sem a Sua ajuda. Estendo também os meus agradecimentos para os meus colegas, amigos do Departamento de Engenharia Mecânica e aqueles que directa ou indirectamente teriam participado no encorajamento e suporte sempre que possível na realização deste projeto.

DEDICATÓRIA

Dedico o presente trabalho aos meus Pais, Benjamim Arnaldo Nhampulo, a minha mãe Madalena Artur Mahota e aos meu Filhos Kendrick e Aurick.

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Alice Benjamim Nhampulo declaro por minha honra que o presente trabalho de licenciatura é exclusivamente de minha autoria, não constituindo cópia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

Assinatura : _____

(Alice Benjamim Nhampulo)

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Dados de comercialização de caju na província de Nampula	24
<i>Tabela 4.2: Dados de iniciais projecto</i>	<i>27</i>
<i>Tabela 4.3: Dados de motor escolhido</i>	<i>28</i>
<i>Tabela 4.4: Parâmetros geométricos da correia trapezoidal</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 4.5: Parâmetros geométricos de elementos de transmissão</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 4.6: Dados de entrada para calculo de sistema fotovoltaico</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 4.7: Especificação de painel solar.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabela 4.8: Especificação de inversor.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabela 4.9: Preço dos componentes dos componentes mecânicos</i>	<i>48</i>
<i>Tabela 4.10: Preço dos componentes dos componentes do sistema fotovoltaico</i>	<i>49</i>
<i>Tabela 4.11: Plano de manutenção</i>	<i>50</i>

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 2.1: Componentes de máquina</i>	14
<i>Figura 2.2: Caju</i>	8
<i>Figura 2.3: Fluxograma de processamento de pedúnculo de caju</i>	8
<i>Figura 2.4: Prensa expeller</i>	12
<i>Figura 2.5: Prensa finisher de pás</i>	13
<i>Figura 2.6: Prensa finisher de rosca</i>	13
<i>Figura 4.1: Mapa de produção de caju em Moçambique</i>	23
<i>Figura 4.2: Esquema do acionamento da Máquina</i>	25
<i>Figura 4.3: Parâmetros geométricos da correia</i>	28
<i>Figura 4.4: Veio do órgão executivo</i>	35
<i>Figura 4.5: Esquema de sistema fotovoltaico autónomo</i>	18
<i>Figura 4.6: Esquema de sistema autónomo híbrido</i>	19
<i>Figura 4.7: Esquema de sistema conectado a rede</i>	19
<i>Figura 4.8: Baterias</i>	20
<i>Figura 4.9: Esquema do acionamento da Máquina</i>	21
<i>Figura 4.10: Esquema do acionamento da Máquina</i>	22
<i>Figura 4.11: Arranjo fotovoltaico do sistema</i>	40
<i>Figura 4.12: Diagrama de profundidade de carga</i>	43
<i>Figura 4.13: Regulador de carga</i>	45

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

a	– Distância interaxial	[mm]
c.a	– Corrente alternada	[A]
c. c	– Corrente Contínua	[A]
C_α	– É o coeficiente do ângulo de abraçamento	
C_i	– É o coeficiente da relação de transmissão	
C_l	– É o coeficiente do comprimento da correia	
C_r	– É o coeficiente do regime de carregamento	
C_z	– É o coeficiente de número de correias;	
F_0	– Força de tensão inicial;	[N]
F_v	– Força centrífuga;	[N]
F_r	– Força sobre os veios;	[N]
K_1	– Coeficiente que considera o regime de carregamento	
K_2	– Coeficiente que considera as condições climáticas;	
l_c	– Comprimento da correia	[mm]
M_f	– Momento fletor	[N.m]
[n]	– Coeficiente de segurança do aço	
n_1	– Frequência de rotações do veio	[rpm]
n_{ME}	– Frequência de rotações do veio do motor elétrico	[rpm]
n_t	– Frequência de rotações do veio do tambor	[rpm]
P	– Potência do órgão executivo	[W]
P_{calc}	– Potência calculada do veio do tambor motor	[kW]
P_c	– Potência transmissível por cada correia	[kW]
P_1	– Potência no veio I	[kW]
P_{ME}	– Potência no veio do motor elétrico	[kW]
T	– Torque do tambor	[N.m]
T_{me}	– Tempo médio de funcionamento da correia	[horas]
d		
T_1	– Torque no veio I	[N.m]
U	– Frequência de passagens	
$[s^{-1}]$ ug		–

Relação de transmissão geral

u_{g1}	– Relação de transmissão geral para o motor 1	
v	– Velocidade periférica do tambor	[m/s]
WX	– Momento de resistência axial	[mm ³]
z	– Número de correias para transmitir a potência total	
Δu_g	– Desvio da relação de transmissão geral	
α	– Ângulo de abraçamento da polia menor pela correia	[°]
$[\sigma]$	– Tensão admissível do Varão	[MPa]
η_{cad}	– Rendimento da transmissão por correia trapezoidal	
η_g	– Rendimento mecânico geral do acionamento	
η_{rol}	– Rendimento no par de rolamentos	
ω	– Velocidade angular do tambor	[1/s]

RESUMO

As máquinas de processamento frutas em outros produtos vem desde os primórdios da humanidade, mas o rápido desenvolvimento neste campo foi iniciado desde os meados do século XIX. Desde então, muitas máquinas de processamento de frutas com capacidades diferentes e com processamento de diferentes tipos de matéria prima vem sendo construído para aplicação caseira até aplicação industrial, estendendo-se a uma ampla gama de produtos. A produção de caju em Moçambique actualmente, tem aumentado significativamente, devidos os esforços que o Governo de Moçambique e seu Parceiros têm empregue na produção de mais cajueiros. Entretanto menos de 30% de pedúnculo caju tem sido aproveitado, e que geralmente é consumido de forma natural ou é utilizado na produção de bebidas alcoólicas e mais de 70% de pedúnculo caju tem si desperdiçado devido a falta de equipamentos para o processamento de caju em outros produtos. Diante desse problema, deve-se buscar meios e mecanismo de como reduzir os desperdícios e aproveitar o máximo possível os benefícios que o pedúnculo de caju pode proporcionar e não para produção de bebidas alcoólica. Um dos meios encontrado para reduzir os desperdícios de pedúnculo de caju é recorrendo a máquina de processamento de sumo de caju. Este trabalho visa propor e demonstrar os procedimentos de cálculos de máquina de processamento de sumo de caju e a seleção dos respetivos componentes. Os componentes serão seleccionados de acordo com os a já existente no mercado e em algum caso será necessário a fabricação caso não haja disponível no mercado. A máquina funcionara na base de energia fotovoltaica, isso permitira com que ela seja utilizada tanto nas zonas com acesso a rede eléctrica assim com em lugar sem acesso corrente eléctrica terá uma capacidade de processamento de 2 litros de sumo de caju por minuto e será projectada de forma ergonómica de modo que seja confortável ao usuário durante a sua operação.

Palavras chaves: Projecção e dimensionamento; Pedúnculo de Caju; Energia fotovoltaica.

ABSTRAC

Processing machines into other products come from the beginnings of mankind fruits, but early development in this field started from the mid-nineteenth century. Since then, many application processing machines with industrial capabilities and processing of different types of range have been built for home application, extending to a wide range of products. Cashew production in Mozambique currently has increased significantly, due to the exercises that the Government of Mozambique and its Partner have employed in the production of more cashew trees. However, 70% of cashew peduncle has been used, and that less is usually consumed naturally or is used in the production of alcoholic beverages and more than 70% of cashew peduncle has been made due to lack of equipment for processing cashew in processing. cashew in other products. Faced with this problem, means and mechanisms must be sought on how to reduce waste and verify as much as possible the benefits that the peduncle can provide and not for the production of alcoholic beverages. One of the ways found to reduce cashew stalk waste is using the cashew juice processing machine. This work aims at the production procedures and proportion of sumo processing and the machine of the most corresponding components. The components will be selected according to those already on the market and in any case, it will not be necessary to manufacture it if it is not available on the market. The machine will work on a photovoltaic base, which will allow energy to be used both in areas with access to the electrical network and in places without electrical access, it will have a processing capacity of 2 liters of cashew juice per minute and will be ergonomically designed. so that it is comfortable for the user during its operation.

Keywords: Projection and design; Cashew Peduncle; Solar Power.

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

O sector do caju em Moçambique tem uma importância estratégica para o desenvolvimento económico do país. A produção de caju gera renda para mais de um milhão de famílias rurais, podendo representar até 70% da receita monetária para essas famílias (Bill & Melinda Gates Foundation-GTZ, 2008).

Apesar da importância socioeconómica para as províncias de Nampula, Inhambane, Cabo Delgado e Zambézia, pela geração de emprego, renda e impostos, a cultura de caju tem se caracterizado pela baixa lucratividade para o setor produtivo, em razão da baixa produtividade, resultante principalmente do modo de formação dos pomares por sementes. O caju Moçambicano é actualmente fonte de uma cadeia de negócios focalizada no aproveitamento da castanha de caju, quer para exportação em bruto quer para processamento da amêndoa da castanha (GAPI, 2008).

Moçambique possui actualmente mais de 20 milhões de cajueiros, concentrados numa área que se estende por terrenos arenosos, entre o litoral e cerca de duzentos quilómetros para o interior do País, principalmente nas províncias de Nampula, Cabo Delgado, Zambézia, Inhambane e Gaza. Cerca de 42% das explorações agrícolas rurais possuem cajueiros, os quais fornecem matéria-prima directamente para exportação ou para processamento industrial, nas 15 unidades industriais de processamento actualmente activas. Existem pelo menos mais sete ou oito fábricas, presentemente não activas, constituindo um parque industrial de cerca de 40 mil toneladas/ano de capacidade instalada. Este complexo de valor produtivo gera emprego para mais de 200 mil famílias produtores (agrícolas e industriais), que produziram nos últimos cinco anos, uma média de 63 mil toneladas por ano, gerando cerca de 20 milhões de dólares americanos de divisas na exportação.

O pedúnculo de caju, ainda praticamente não é aproveitado de forma industrial em Moçambique, pode ser consumido de forma natural ou ser utilizado para a fabricação de doces e também para a extracção de polpas para sucos e outras bebidas, com o bagaço resultante podendo ser utilizado para ração animal, mediante processamento adequado.

O crescimento do consumo de pedúnculo como fruta de mesa vem aumentando consideravelmente a cada safra, tanto pela abertura de novos mercados como pela consolidação dos mercados tradicionais. Isto ocorreu devido principalmente aos novos plantios feitos com cajueiro-anão precoce que, por apresentar porte baixo, permite a colheita manual com maior aproveitamento e redução de perdas

No presente trabalho, falar-se-á de projecção e dimensionamento de máquina de processamento de sumo de caju que funcionará através de energia fotovoltaica.

1.2 Problemática

Em Moçambique observa-se um grande défice de produção de sumo de caju a partir do seu pedúnculo embora Moçambique seja um dos grandes produtores de caju, infelizmente uma quantidade considerável de pedúnculo de caju tem sido desperdiçada devido a falta de tecnologias de processamento de pedúnculo de caju em outros produtos. Esse desperdício tem afetado negativamente na economia. Tendo em conta que a maior parte da população que tem produzido em grandes quantidades de castanha de caju, sintam-se nas zonas onde não há acesso a energia eléctrica.

1.2.1 Problema de Estudo

Como combater o desperdício de caju e garantir que se tire maior aproveitamento dos seus benefícios?

1.3 Objectivos

1.3.1 Objectivo geral

- Projectar e dimensionar uma máquina de processamento de sumo de caju que funcione com energia fotovoltaica com a capacidade de 120 litros por hora.

1.3.2 Objectivo específico

- Mencionar e descrever os elementos que constituem uma máquina de processamento do pedúnculo de caju.
- Determinar os parâmetros principais das transmissões por correia e dos veios ;
- Determinar e seleccionar os componentes do sistema fotovoltaico.
- Analisar a viabilidade económica do Projecto

1.3.3 Objecto de estudo

Maquina de processamento do pedúnculo de caju.

1.4 Perguntas da investigação

- Quais são os elementos que constituem uma maquina de processamento do pedúnculo?
- Quais os Tipos de maquinas de processamento do pedúnculo de caju existem?
- Quais são parâmetros fundamentais na seleção de elemento de transmissão por correia trapezoidal?
- Como determinar os diâmetros dos escalões do veio de entrada e saída ?
- Como seleccionar elementos fotovoltaico de a cordo com a potência necessária?
- Qual é o tipo de energia será usado para o funcionamento da maquina de processamento?
- O projecto é economicamente viavel em relação ao custo de aquisição dos equipamentos?
- Quais são os preços dos equipamentos e o custo total de aquisição dos mesmos?

1.5 Justificativa

O pedúnculo de caju é fonte de diversos nutrientes, dele pode-se obter-se diversos produtos, tais como, polpa congelada, bebidas, sucos, refrigerantes e doces. Esses produtos não são amplamente consumidos e comercializados no mercado moçambicano. Atendendo e considerando que os maiores produtores de castanha de caju, encontram-se nas zonas onde não há acesso a energia eléctrica, há uma grande necessidade de instalar uma fabrica com maquinas de processamento do pedúnculo de caju, usando a energia fotovoltaica. A escolha da energia fotovoltaica como a energia impulsionadora é para permitir que essa máquina seja utilizada nas zonas sem acesso rede eléctrica.

Sendo assim, como forma de reduzir o desperdício e aproveitar o máximo os benefícios que o pedúnculo de caju pode proporcionar, pode-se projectar e dimensionar uma maquina que processa o pedúnculo de caju. Ela pode ser usada tanto para escala industrial assim com para uso pessoal.

1.6 Estrutura de trabalho

Este trabalho está dividido basicamente em cinco capítulos:

- No primeiro capítulo esta reservado á introdução, problemática, objectivos gerais e específicos, objecto de estudo e estrutura de trabalho;
- No segundo capítulo serão abordados assuntos relacionados a Revisão Bibliográfica onde é feita uma abordagem resumida das principais teorias que subsidiaram a monografia, encontradas em livros, periódicos, sites e normas; Como a apresentação dos principais tipos de equipamentos de processamento de sumo de frutas, as principais partes desses equipamentos.
- No capítulo três falar-se-á do marco teórico contextual;
- No quarto capítulo, esta reservado para a Metodologia de resolução de problema
- No quinto capítulo são apresentados as análises e Discussão dos resultados obtidos nos calculos das tensões, deformações e comparados com os valores admissíveis e assuntos ligados a manutenção deste equipamento;
- No sexto capítulo então é apresentada a conclusão e os comentários sobre os resultados finais obtidos e ainda neste se fala sobre as sugestões para trabalho futuros, que poderão dar continuidade a este estudo.

2 CAPÍTULO II: REVISÃO DE LITERATURA

2.1 História de exploração de caju

O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), pertencente à família Anacardiácea, é uma árvore de aparência exótica, troncos tortuosos, folhas glabras, flores masculinas e hermafroditas e fruto reniforme. Seu pedúnculo superdesenvolvido e muito apreciado pela suculência é frequentemente confundido com o fruto, quando na verdade se trata do pseudofruto, cientificamente denominado de pedúnculo floral, com coloração variante entre o amarelo e o vermelho (FAO, 2005).

O caju é uma árvore tropical nativa do Brasil. Em meados de 1500s, os comerciantes Portugueses introduziram o cajueiro na Índia e em África para evitar a erosão do solo. No início do século XIX, a castanha de caju começou a ser comercializada, e em meados desse século os Portugueses tinham começado a processar caju em Moçambique. Em África, a árvore espalhou-se ao longo da Costa Leste e mais tarde foi introduzida na Costa Oeste do continente. Durante vários séculos foi uma mercadoria agrícola com um mercado pequeno, cultivada principalmente pelos seus frutos e utilizada pelas suas propriedades de rápido crescimento no reflorestamento e produção de madeira. Mas a partir dos anos 60, o cajueiro espalhou-se por toda parte, tornando-se uma commodity de exportação para vários países. [Nitidae, 2020]

A partir da 2ª Guerra Mundial, surgiu, em 1943, um grande interesse industrial pelo cajueiro devido ao líquido da casca da castanha-de-caju (LCC). Com o fim da guerra, o interesse econômico passou a ser a amêndoa da castanha-de-caju (ACC), iniciando, assim, um crescimento significativo da agroindústria de caju. Na década de 1950, devido à crescente demanda de ACC, deu-se início aos primeiros plantios organizados de cajueiro no Brasil, mais precisamente no Ceará. Em 1957, o governo Brasil promoveu a primeira grande campanha para o plantio de cajueiros, tendo como meta a obtenção de um milhão de cajueiros plantados. A partir de 1968, com a aplicação dos incentivos fiscais do antigo Fundo de Investimentos do Nordeste (FINOR - art. 34/18), para projetos agrícolas, iniciou-se uma nova fase de grandes plantios, concentrados principalmente no Ceará e, em menor escala, Piauí e Rio Grande do Norte. Todas essas grandes plantações comerciais tinham o objetivo de abastecer as primeiras indústrias processadoras de castanha (extração das amêndoas) e as novas indústrias de suco. (LIMA, 1988).

2.2 Produtos de caju

Segundo DYEGO, do cajueiro aproveita-se praticamente tudo. O principal produto é a amêndoa da castanha-de-caju (ACC), localizada no interior da castanha, de onde também é extraída a película que reveste a amêndoa, rica em tanino e utilizada na indústria química de tintas e vernizes. Da casca da castanha, extrai-se o líquido da casca de castanha-de-caju (LCC), usado na indústria química e de lubrificantes, curtidores, aditivos, entre outros, sendo o resíduo da casca utilizado como fonte de energia nas indústrias, por meio de sua queima em fornalhas.

O pedúnculo do cajueiro é consumido não só pelas qualidades gustativas, mas, sobretudo pelo seu elevado teor de vitamina C. Inúmeros produtos podem ser obtidos a partir do beneficiamento do pedúnculo, destacando-se as polpas, os sucos concentrados, os refrigerantes gaseificados, a cajuína, as bebidas fermentadas, os néctares, as geleias e diversos tipos de doce.

2.2.1 Sumo do pedúnculo de caju

Sumo de caju é uma bebida feita com caju. Devido à refrescância e hidratação que proporciona, é ideal para ser ingerida nos dias quentes. É comum encontrar em lojas supermercados brasileiros o extrato da fruta, sendo que o suco em si é preparado pelo consumidor, adicionando uma proporção de água, açúcar ou adoçantes. O suco de caju é fonte de vitamina C e ferro.

O sumo de caju é feito principalmente na região nordeste, pois lá tem a maior concentração de plantações de caju do Brasil. Ele se popularizou no século XIX que por causa da seca os habitantes começaram a prepara-lo e nisso começou a atrair pessoas de fora da região para provar já que naquela época o caju só era plantado no Nordeste, mas no início do século XX os comerciantes começaram a plantar nas regiões norte de sudeste e então agora é exportado para o mundo todo (DYEGO, 2015).

2.2.2 Importância de sumo de caju

O caju é um alimento rico em vitamina C, ele tem aproximadamente 5 vezes mais vitamina C do que a laranja. Por esse motivo, é um ótimo reforço para o nosso sistema imunológico. Quanto mais maduro, maior quantidade de vitamina C ele possui.

Também é fonte de sais minerais, como o zinco e ferro. Além de auxiliar na cicatrização de feridas e combater as infecções e inflamações, previne a anemia.

Outros minerais encontrados na polpa são:

- Cálcio – que fortalece os ossos do corpo;
- Cobre – que melhora a saúde da pele e dos cabelos;
- Fósforo – que participa do metabolismo de micronutrientes do corpo.

Os aminoácidos de cadeia ramificada presentes no caju auxiliam a perda de peso. Pois estimulam o uso da gordura como fonte de energia durante as atividades físicas.

Por ser rico em fibras, estimula o funcionamento do sistema digestivo do organismo também. Além disso, é um alimento pouco calórico.

2.2.3 Processamento do pedúnculo de caju para a fabricação de sumo

A extração mecânica é a operação de separação do sumo da massa do pedúnculo de caju pela aplicação de forças de compressão, e geralmente usada nas indústrias. A principal finalidade desta operação é a máxima separação de sumo, o que significa mínima matéria graxa no resíduo e perdas mínimas posteriores na purificação (Rittner, 1996).

O sumo extraído é o produto de maior valor, no entanto, em alguns casos, o resíduo sólido da operação é relevante para o uso em alimentação animal ou para a obtenção de proteína, que pode ser utilizada como suplemento nutritivo na alimentação humana (Ordóñez et al., 2005).

O cultivo do cajueiro é realizado visando principalmente à produção de castanha de caju, o fruto verdadeiro, sendo o aproveitamento do pseudofruto ainda mínimo em relação à quantidade de matéria-prima disponível. Popularmente o pseudofruto é chamado de caju.



Figura 1.2: Caju (fonte: Emanuel Neto, 2012)

Em Moçambique não possui tecnologia, experiência e hábito de processamento do pedúnculo e dos seus subprodutos, boa quantidade que sumo de caju assim como outras bebidas tem sido importado para Moçambique. Assim sendo, implementação de tecnologia de processamento de fruta e a exploração do cajueiro pode se apresentar como uma alternativa para melhoria da qualidade de vida do homem do campo (Gapi, 2008).

Segundo Emanuel e Dyego, o processamento do pedúnculo segue uma serie de etapas que sao apresentados abaixo:

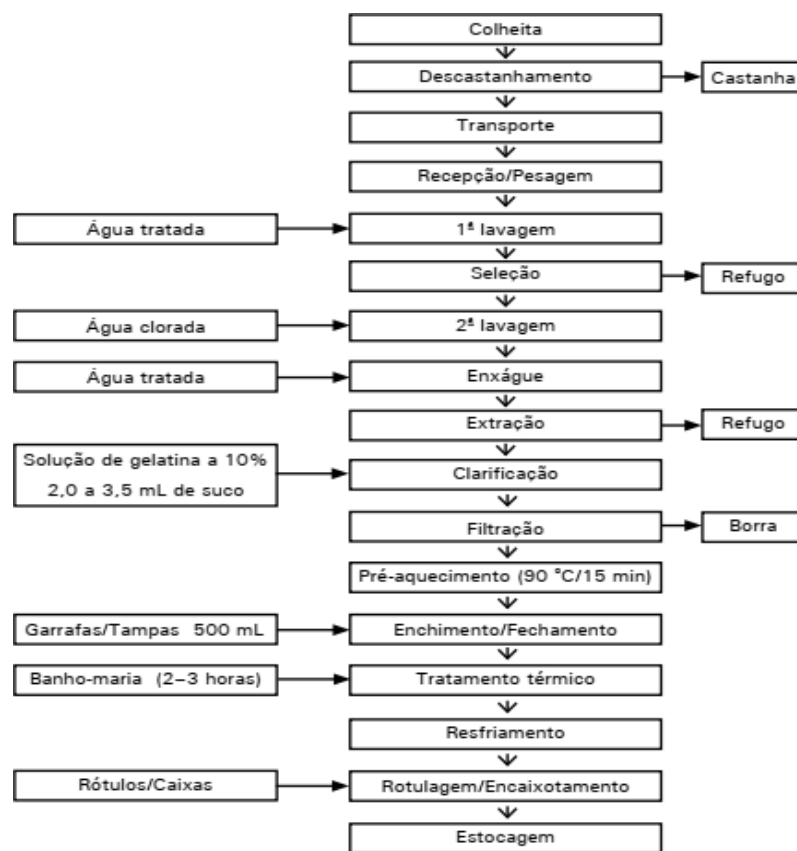


Figura 2.2: Fluxograma de processamento de pedúnculo de caju (fonte: Emanuel Neto, Dyego et al, 2015)

2.2.4 Descrição do fluxograma de processamento

A colheita do pseudofruto do cajueiro pode ser manual ou colheita/transporte mecânica, sendo preferível a manual, pois têm menos desperdício e os cajuas correm menos risco de serem injuriados e, posteriormente, fermentados. Logo a seguir são colocados em caixas plásticas e transportados em caminhões.

Depois da colheita segue para o processo de descastanhamento, que esta é realizada em duas formas que consiste na remoção da castanha do pedúnculo.

Os cajuas devem ser transportados para a unidade de processamento nas próprias caixas de colheita que devem ser colocadas com cuidado, e nunca jogadas. O empilhamento deve permitir ventilação entre elas, evitando que a caixa toque os pedúnculos da caixa abaixo dela, provocando o amassamento dos frutos, escurecimento da polpa, perda de suco e risco de contaminação. Na recepção é onde é feita a pesagem em balança de plataforma. Na primeira lavagem visa-se eliminar as sujidades (galhos, grãos de areia, insetos, etc.) que porventura venham a contaminar a matéria-prima a partir do campo e acarretar problemas de desgaste de equipamentos e de presença de sujidades no produto final. Essa operação tem ainda a finalidade de aliviar o calor do campo que os pedúnculos trazem consigo desde a colheita até a entrada na indústria de processamento e o rendimento do produto final sejam calculados. A quantidade de pedúnculos deve ser suficiente para que o processo de produção não sofra interrupção.

Após a primeira lavagem, os frutos são colocados sobre uma mesa de seleção, de preferência de aço inoxidável, onde os encarregados dessa operação retiram as frutas danificadas e verdes. Pequenos defeitos devem ser retirados com facas apropriadas

Segunda lavagem, tem como objetivo a redução da carga microbiana presente na superfície dos pedúnculos. Deve ser feita com imersão dos pedúnculos por um período de 15 minutos a 20 minutos em uma solução de hipoclorito de sódio, ou água sanitária. Após a sanificação, é necessário retirar o excesso de cloro presente nos pedúnculos. Isso é conseguido com o uso de água corrente tratada.

Prensagem ou Extração do Suco, tratando-se de agroindústria familiar de baixa escala de produção, o mais recomendado é o uso de uma prensa descontínua, do tipo parafuso com uma espécie de pistão de prensagem, muito usada para fabricação de queijos, mas com um dimensionamento maior, para dar um mínimo de produtividade. As partes que entram

em contato com os pedúnculos jamais podem ser fabricadas em aço carbono. Recomenda-se cilindros e placas em aço inoxidável.

Depois de prensagem, segue-se o processo de clarificação, que é realizada utilizando-se a gelatina comercial grau alimentício, a qual apresenta melhor eficácia para o nível da tecnologia que está sendo utilizado.

A filtração do suco de caju após a clarificação deve ser criteriosa, pois disso dependerá a qualidade do produto final e um bom rendimento. É realizada em filtros de tecido de algodão, feltro ou de um material conhecido comercialmente como TNT (tecido não tecido). Terminada a filtragem, o suco clarificado deve ser aquecido em um recipiente ou tanque a uma temperatura de 85 °C a 90°C durante 15 minutos, evitando fervura ou ebulição intensa, o que ocasionará perdas de suco e de aromas.

Realiza-se a operação de enchimento, essa operação pode ser realizada manualmente ou por meio de enchadeiras semiautomáticas.

Após a operação de enchimento, as garrafas, ainda quentes, devem ser fechadas com tampas ou rolhas metálicas, por meio de um capsulador próprio disponível no comércio especializado.

Após o tratamento térmico, realiza-se o resfriamento que consiste em adicionar água corrente na temperatura ambiente dentro do tanque ou recipiente onde foi realizado o banho-maria, visando baixar a temperatura da água e do produto. Quando a água do banho-maria estiver em uma temperatura próxima de 45 á 50 graus Celsius, indicada pelo fato de suportar-se segurar as garrafas com as mãos, pode-se então retirá-las sem riscos de quebras e estouros. Depois de secas, as garrafas são rotuladas e estocadas em local adequado.

2.3 Tipos de máquinas de processamento do pedúnculo de caju

A máquina de processamento do pedúnculo de caju é equipamento que funciona através de energia que transforma o pedúnculo de caju em sumo de caju através de processo de prensagem progressiva. Essas máquinas geralmente são utilizadas em escala industrial e tem como resultado desse processo de prensagem o sumo de caju e bagaço.

As máquinas de processamento de sumo de caju elas tem o mesmo princípio de funcionamento isto é que consiste em exercer uma força de compressão na matéria prima em enquanto o órgão executivo gira.

As máquinas de processamentos do pedúnculo são classificadas segundo o tipo de prensa que comprime o pedúnculo durante a sua execução.

2.3.1 Classificação das maquinas segundo os tipos de prensa

Na produção de sumo de caju, dois tipos de prensas são utilizados: prensa hidráulica e prensa de rosca (mecânica). Prensas hidráulicas podem ser encontradas na antiguidade, enquanto prensas de rosca foram inventados no início do século XX por Anderson em 1902 (Savoire, 2013). As prensas hidráulicas estão sendo substituídas pelas prensas mecânicas, que são mais eficientes na extração do sumo, com funcionamento simples e baixo custo de aquisição e manutenção, recomendado para pequenas cooperativas (Weiss, 1983; Pighnelli, 2007).

As prensas mecânicas, que utilizam o princípio da rosca sem fim, possuem capacidade de processamento entre 40 e 100 kg/h. As prensas de pequena capacidade, como as de 40 kg/h, são as mais viáveis para a realidade das pequenas propriedades rurais, agindo como fixadora de mão-de-obra e geradora de renda. A desvantagem é a ineficiência do sistema, que deixa em torno de 8 a 14% de sumo na torta (Singh & Bargale, 2000).

As eficiências das prensas de pequena capacidade podem ser melhoradas a partir de estudos de otimização das principais variáveis envolvidas no processo tais como: pressão aplicada sobre a massa das amêndoas e prévio preparo da matéria-prima a ser processada como: temperatura de prensagem e teor de umidade das amostras (Singh & Bargale, 2000).

Deve-se ressaltar que o rendimento também é afetado em grande parte por parâmetros mecânicos da prensa (eixo e gaiola) e pelo preparo prévio da matéria-prima a ser processada relatam a importância de se definir uma faixa ótima para o teor de umidade, já que foi observado que valores muito altos reduzem a fricção da massa das pedúnculo, causando um baixo rendimento, já valores muito baixos prejudicam o funcionamento da prensa. (Wiesenborn et al., 2001)

Concluíram que uma diminuição no teor de umidade e um aumento na temperatura melhoram o rendimento em sumo. Os sumos brutos podem ser refinados por processos

físicos ou químicos, a fim de eliminar completamente ou parcialmente substâncias que afetam a cor, estabilidade, aroma e o sabor do sumo (Medina-Juarez et al., 2000).

2.3.1.1 Máquina de Prensa expeller

A prensa expeller são máquinas industriais usada para o processamento de sumo de diversos tipos de fruta. Essas máquinas são constituídas por dois rolos de rosca que giram em sentido contrário, e geralmente funcionam a com motor de combustão interna ou com motor eléctrico (MF Rural, 2012).

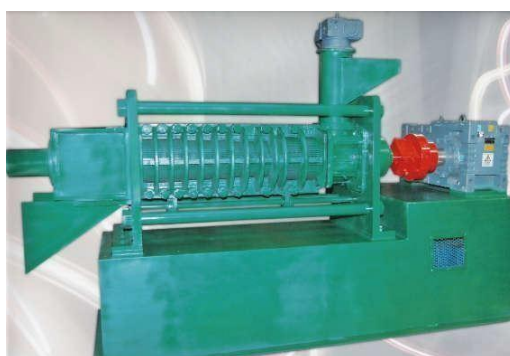


Figura 2.3: Prensa expeller (fonte: MF Rural, 2012)

2.3.1.2 Prensas finisher da JBT

Estas são divididos em prensa finisher de pás e prensa finisher de rosca, elas são mais adequadas para a extração de suco. Construído totalmente em aço inoxidável, com sistema de transmissão totalmente vedado e protegido, com entrada adaptável para cumprir com os requisitos da aplicação e um anel spray para minimizar o entupimento da malha são algumas das características do design da JBT que proporcionam um sistema fácil de limpar e operar. Prensa finisher de pás é apropriado para aplicações com alto volume de suco quando se deseja obter uma polpa bastante seca (praticamente todo o suco é separado da polpa). O ajuste do espaço entre as pás da malha determina quanta força se aplica no processo de separação. O restante do bagaço é descarregado através de uma comporta controlada onde se utiliza uma pequena restrição para promover uma maior separação na saída de descarga (JBT, 2016).

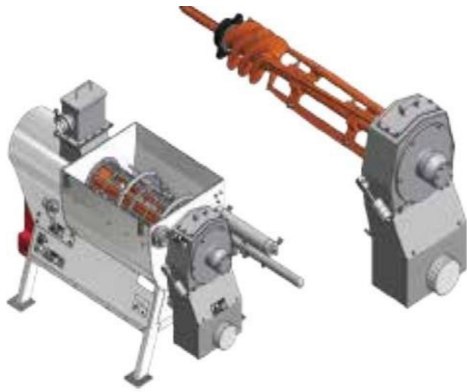
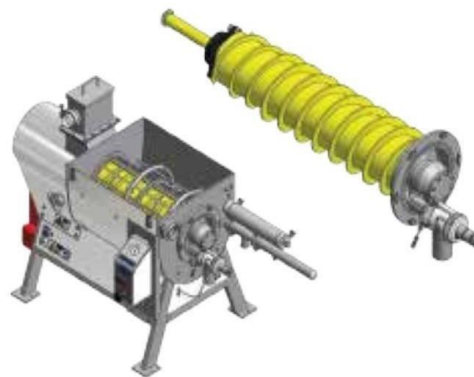


Figura 2.4: Prensa finisher de pás (fonte: JBT, 2016)

A prensa finisher de rosca, por sua vez, usa um parafuso rotativo para separar e secar o bagaço através de uma válvula que aplica uma contrapressão no bagaço que sai à medida em que se separa o produto. O controle da pressão de ar da válvula permite



que se obtenha uma humidade consistente no bagaço que sai. Em geral, as prensas finisher de rosca funcionam a uma velocidade de fluxo de alimentação menor para proporcionar um melhor controle sobre essa umidade (JBT, 2016).

Figura 2.5: Prensa finisher de rosca (fonte: JBT, 2016)

As máquinas acima descritas, elas operam através de corrente elétrica e são destinadas a operar em zonas onde há acesso a corrente elétrica, constituindo assim uma desvantagem para os que vive em zonas sem acesso a rede elétrica e que deseja adquirir a máquina.

2.3.2 Componentes de máquina de processamento de caju

Segundo Lima 2008, a máquina de processamento de sumo de caju é constituída por vários componentes mecânicos como ilustra a figura abaixo:

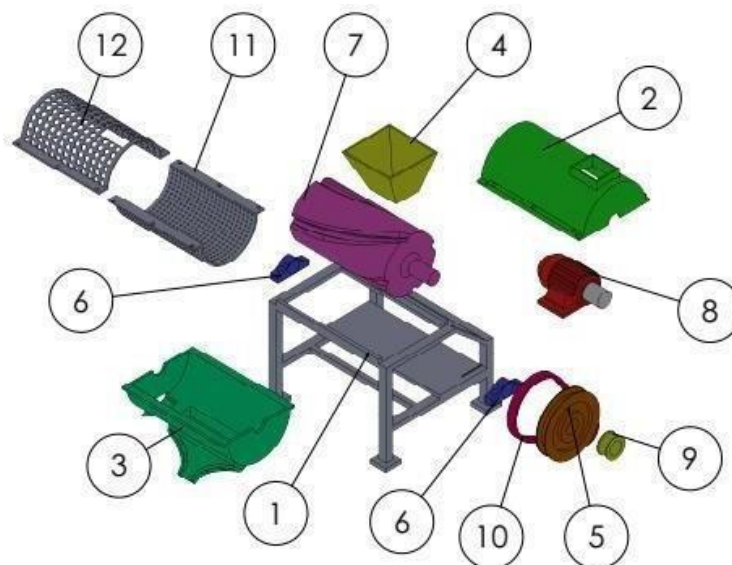


Figura 2.6: Componentes de máquina (Fonte: Lima, 2008)

1- Estrutura: serve como a base onde todos os componentes estão assentes, ela geralmente é construída de aço simples. Ela pode ser construída de tubos de secção circular, quadrada ou rectangular e que podem ser unidos através do processo de soldadura

2 – Casco superior: tem a função de proteger os componentes internos contra a poeiras e outras sujidades durante o período do funcionamento. No casco superior esta conectado com funil e o casco inferior é onde se localiza a saída do sumo e de bagaço. Ele deve ser construído de aço inoxidável.

3- Casco inferior: tem a função de proteger os componentes internos contra a poeiras e outras sujidades durante o período do funcionamento. No casco inferior é onde se localiza a saída do sumo e de bagaço. Ele deve ser construído de aço inoxidável.

4- **Funil:** serve como o alimentador de pedúnculo de caju a máquina e ele deve ser localizado no ponto mais alto da máquina. Esse funil deve ser construído de aço inoxidável.

5- **Polia movida:** é a polia que transmite o movimento ao rolo de rosca ou rolo de pás que este por sua vez recebe o movimento da polia motriz. Dependendo do tipo de construção esse componente pode ou não fazer parte da máquina.

6- **Mancais de rolamento:** serve como elemento de apoio para o veio conectado ao rolo de rosca ou de pás. Esses mancais também podem ser de deslizamento dependendo do tipo de construção e a capacidade de processamento da máquina.

7- **Rolo de rosca:** é o órgão executivo de máquina de processamento de sumo, ele deve ser construído com aço inoxidável para que possa atender as exigências segundo as normas de saúde. Ele pode ser constituído por rosca ou pás em torno do seu diâmetro externo.

8- **Motor eléctrico:** é o componente que converte a energia eléctrica em energia mecânica. Este componente é escolhido de acordo com a potência e a capacidade da máquina.

9- **Polia motriz:** é a polia ligada directamente a motor eléctrico através da ligação por chaveta. Ela transmite o movimento a polia movida através da transmissão por correia. Ele pode ser construído de ferro fundido maleável da classe G-1800.

10- **Correia:** serve como elemento de transmissão de movimento na máquina, podendo ser ela correia plana ou correia trapezoidal. Em algumas construções mais compactas dispensam o uso de correia.

11- **Malha de crivo superior:** tem um papel fundamental durante o processo de separação entre o sumo e o bagaço. Localizada na parte superior, composta pelas pequenas furações que permite a passagem de sumo para o bocal de saída e por sua vez retém os bagaços que de maneira que não se misture com o sumo.

12- **Malha de crivo inferior:** Este elemento desempenha um papel fundamental durante o processo de separação entre o sumo e o bagaço. Ela é localizada na parte inferior do cilindro e é composta pelas pequenas furações que permite a passagem de sumo para o bocal de saída e por sua vez retém os bagaços que de maneira que não se misture com o sumo.

2.4 Energia solar fotovoltaico

O conhecimento do efeito fotovoltaico remonta ao século XIX, quando em 1839 Becquerel demonstrou a possibilidade de conversão da radiação luminosa em energia elétrica mediante a incidência de luz em um eléctrodo mergulhado em uma solução de eletrólito. Esse mesmo efeito é observado num sólido, o selênio, em 1877 por Adams e Day na Inglaterra. Em 1883 aparece a primeira célula solar produzida com selênio, com eficiência de aproximadamente 1%. Já neste século, na década de 30, os trabalhos de diversos pioneiros da física do estado sólido, como Lange, Grondahl e Schottkl, apresentaram importantes contribuições para se obter uma clara compreensão do efeito fotovoltaico em junção do estado sólido. Em 1941, Ohl obtém a primeira fotocélula de silício monocristalino. No ano de 1949, Billing e Plessnar medem a eficiência de fotocélulas de silício cristalino, ao mesmo tempo em que a teoria da junção P-N de Shockely é divulgada. É, porém, apenas em 1954 que surge a fotocélula de silício com as características semelhantes às encontradas hoje com eficiência de 6% (Carneiro, 2009).

O ano de 1958 marca o início, com grande sucesso, da utilização de fotocélulas nos programas espaciais, sendo este o principal uso das células solares até o final da década de 70. Grande impulso foi dado à utilização terrestre da geração fotovoltaica a partir da crise mundial de energia em 1973/1974. Este uso crescente vem sendo acompanhado por inovações que permitem o aumento da eficiência de conversão de energia das fotocélulas, bem como uma significativa redução de seus custos. O problema da eficiência de conversão e custo de material, e ainda o grande conhecimento adquirido pela teoria física das células têm impulsionado a pesquisa de células solares produzidas com materiais diferentes do silício monocristalino. Atualmente são estudados e mesmo utilizados o silício policristalino e amorfo, o arseneto de gálio e o sulfeto de cádmio, dentre outros. No entanto, o conhecimento da tecnologia que emprega o silício, em particular o monocristal e a abundância da matéria prima que lhe dá origem, tem sido as razões mais importantes que tornaram o silício o material predominante no processo de desenvolvimento tecnológico (Carneiro, 2009).

2.4.1 Princípio de funcionamento

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão direta da luz em eletricidade através do efeito fotovoltaico. Existem na natureza materiais classificados como semicondutores, que se caracterizam por possuírem uma banda de valência totalmente preenchida por elétrons e uma banda de condução totalmente vazia às temperaturas muito baixas. A separação entre as duas bandas de energia permitida nos semicondutores (gap de energia) é da ordem de 1eV, o que os diferencia dos isolantes onde o gap é de vários eVs. Isto faz com que os semicondutores apresentem várias características interessantes. Uma delas é o aumento de sua condutividade com a temperatura, devido à excitação térmica de portadores da banda de valência para a banda de condução (Pinho 2014).

Uma propriedade fundamental para as células fotovoltaicas é a possibilidade de fótons, na faixa do visível, com energia superior ao gap do material, excitarem elétrons à banda de condução. Este efeito, que pode ser observado em semicondutores puros, também chamados de intrínsecos, não garante por si só o funcionamento de células fotovoltaicas. Para obtê-las é necessária uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados, gerando corrente útil (Pinho 2014).

2.4.2 Tipo de sistema fotovoltaico

As aplicações de um sistema fotovoltaico podem ser divididas em: Sistemas autônomos isolados e híbridos e sistemas conectados à rede elétrica:

Sistemas autônomos isolados- Consiste no sistema puramente fotovoltaico, não conectado à rede elétrica de distribuição.

Um sistema fotovoltaico autônomo é fundamentalmente concebido para alimentar um conjunto de cargas que operam isoladas da rede elétrica, durante todo o ano. Neste contexto, o dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo é normalmente efectuado através do conhecimento prévio da intensidade da radiação solar disponível, correspondente ao mês com menor número de horas solares equivalentes (Carneiro, 2009).

Dentre os sistemas isolados, existem muitas configurações possíveis. As configurações mais comuns são:

Carga CC sem armazenamento – A energia elétrica é usada no momento da geração por equipamento que operam em corrente contínua.

Carga CC com armazenamento – É o caso em que se deseja utilizar equipamentos elétricos, em corrente contínua, independente de haver ou não geração fotovoltaica simultânea. Para que isto seja possível, a energia elétrica deve ser armazenada em baterias.

Carga CA sem armazenamento – Pode-se usar equipamentos que operem em corrente alternada sem o uso de baterias, bastando, para tanto, a introdução de um inversor entre o arranjo fotovoltaico e o equipamento a ser usado.

Carga CA com armazenamento – Para alimentação de equipamentos que operem em corrente alternada é necessário que se utilize um inversor. Um caso típico de aplicação destes sistemas é no atendimento de residências isoladas que, por possuírem um nível de conforto superior àquelas alimentadas em corrente contínua, permitem o uso de eletrodomésticos convencionais (Carneiro, 2009).

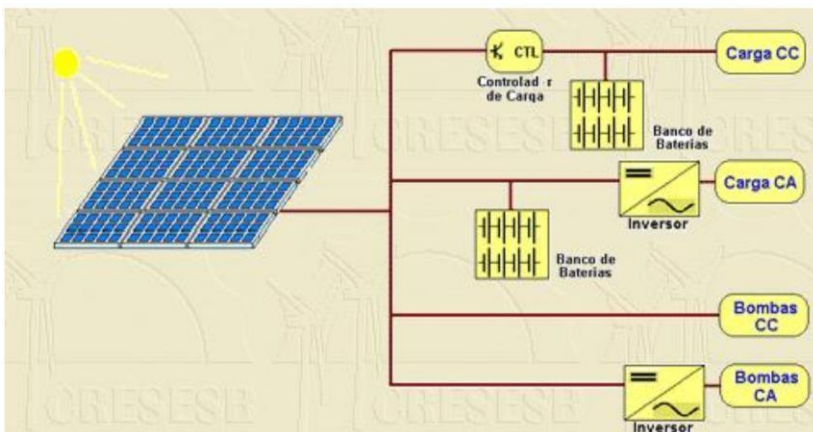


Figura 4.5: Esquema de sistema fotovoltaico autônomo (Fonte: Autora 2022)

Sistema autônomos híbridos – São sistemas onde a configuração não se restringe apenas à geração fotovoltaica. Em outras palavras, são sistemas que, estando isolados da rede elétrica, existe mais de uma forma de geração de energia, como por exemplo, gerador diesel, turbinas eólicas e módulos fotovoltaicos. Estes sistemas são mais complexos e necessitam de algum tipo de controle capaz de integrar os vários geradores, de forma a otimizar a operação para o usuário.



Figura 4.6: Esquema de sistema autônomo híbrido (Fonte: GEPEA, 2012)

Sistemas Conectados à rede – São basicamente de um único tipo e são aqueles em que o arranjo fotovoltaico representa uma fonte complementar ao sistema elétrico de grande porte ao qual está conectado. São sistemas que não utilizam armazenamento de energia, pois toda a potência gerada é entregue à rede instantaneamente. As potências instaladas vão desde poucos kWp em instalações residenciais, até alguns MWp em grandes sistemas operados por empresas. Estes sistemas se diferenciam quanto à forma de conexão à rede. A figura 4.7 mostra um diagrama de bloco de um esquema conectado à rede.

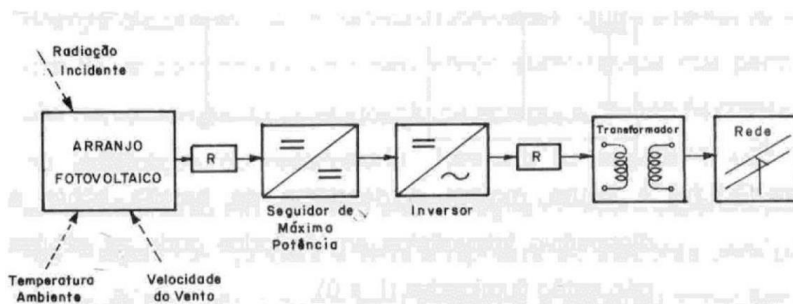


Figura 4.7: Esquema de sistema conectado a rede (Fonte: GEPEA, 2012)

2.4.3 Componentes de sistema fotovoltaico

2.4.3.1 Baterias

A sua principal função consiste em assegurar a alimentação dos consumos de energia eléctrica nos períodos em que o recurso solar não está disponível (período nocturno). Muitos tipos de baterias são utilizados para aplicações em sistemas fotovoltaicos. Embora alguns tipos mais exóticos estão disponíveis atualmente, as baterias de chumbo-ácido ainda são as mais utilizadas em função do seu menor custo e maturidade. Também as de níquel cádmio tem aumentado a sua participação em aplicações fotovoltaicas que requerem baterias do tipo selada capazes de operarem em qualquer posição e alta densidade de energia. Sua principal desvantagem com relação à de chumbo-ácido é o custo que é bem mais elevado. Tecnologias como níquel-ferro, sódio-enxofre e níquel hidrogénio têm sido consideradas como promissoras.



Figura 4.8: Baterias (Fonte: GEPEA, 2012)

2.4.3.2 Controlador de carga

Nos sistemas fotovoltaicos autónomos a tensão nos terminais do painel fotovoltaico deverá ser compatível com a tensão nominal da bateria; na verdade, a tensão do painel deve ser superior à tensão da bateria. Com efeito, atendendo a tensão aos terminais do painel FV depende do valor da temperatura, é importante garantir que para temperaturas elevadas a tensão gerada seja suficientemente alta para acautelar o carregamento das baterias. Por outro lado, para valores baixos de temperatura é necessário garantir que a tensão do painel fotovoltaico não supere a tensão de carga da bateria. Deste modo, a utilização de um regulador de carga tem como principal função a medição da tensão da bateria e, por conseguinte, a sua protecção contra a ocorrência de sobrecargas.

Na eventualidade de a tensão no painel ser superior à tensão da bateria, o regulador de carga evita que a bateria descarregue através do painel, através da utilização de díodos de bloqueio que evitam a passagem de corrente inversa. Atendendo a que a tensão máxima de carga e também a tensão mínima de descarga da bateria dependem do seu estado de carga (i.e. a sua quantidade de carga eléctrica), o regulador de carga contém um circuito de controlo que avalia em cada instante a tensão, a corrente e também a temperatura da bateria. Estas informações são devidamente processadas de modo a serem gerados sinais de controlo para um circuito de comutação.

As principais funções atribuídas aos reguladores de carga das baterias são as seguintes:

- Assegurar o carregamento da bateria;
- Evitar a sobrecarga da bateria;
- Bloquear a corrente inversa entre a bateria e o painel;
- Prevenir a ocorrência de descargas profundas (no caso de baterias chumbo - ácido).

É importante referir que os controladores de carga nem sempre conseguem efectuar da melhor forma o aproveitamento da energia solar disponível. Com efeito, em muitas situações, as perdas de energia podem ser da ordem dos 10% a 40%, dependendo do valor da tensão da bateria, da radiação incidente e da temperatura.



Figura 4.9: Esquema do acionamento da Máquina (Fonte: ALTENER 2004)

2.4.3.3. Inversor

Componente responsável pela conversão de corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). Para o caso de haver cargas a alimentar em corrente alternada (CA), a

sua principal função consiste em converter a tensão contínua em tensão alternada, com a frequência e

Tipos de conversores:

- Conversores estáticos (estado sólido)
- Conversores eletromecânicos (rotativos)



Figura 4.10: Esquema do acionamento da Máquina (Fonte: SOLAX 2018)

3 CAPÍTULO III- CONTEXTUALIZAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

A produção de caju em Moçambique já foi e poderá voltar a ser, um elemento estruturante e catalisador fundamental da economia moçambicana, com múltiplos benefícios directos para a economia familiar rural e a economia nacional. Mas para que assim seja, é necessário implementar uma estratégia de mudança da correlação de forças da acumulação do valor acrescentado a favor da economia nacional e da economia rural moçambicana.

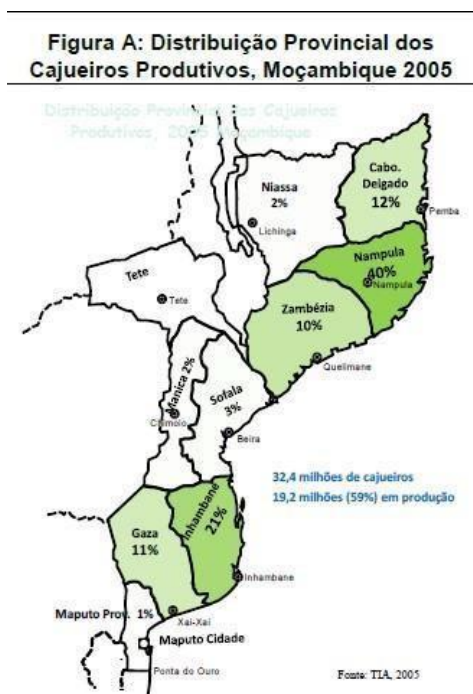


Figura 4.1: Mapa de produção de caju em Moçambique (Fonte: TIA)

Conscientes deste desafio, a Fundação Joaquim Chissano (FJC) e a GAPI Sociedade de Investimentos (GAPI-SI) decidiram tomar a iniciativa “Mais Caju Moçambique”, destinada a concertar parcerias e mobilizar esforços, recursos e apoio para o fomento do caju de Moçambique, numa perspectiva integral e de longo prazo, assente no aproveitamento efectivo dos múltiplos derivados do cajueiro.

Essa técnica de processamento de sumo de caju é mais utilizada nas zonas remota de alguns distritos de norte da província da Zambézia e em alguns distritos da província de Nampula e é caracterizado como uma técnica de baixa eficiência em relação na técnica mecanizada (GAPI, 2008).

Tabela 4.1: Dados de comercialização de caju na província de Nampula (Fonte: INCAJU 2008)

N/O	DISTRITOS	Projeccao do comercializacáo Provincia de Nampula				
		Plano(kg) 2016	PLano(kg) 2017	Plano (Kg) 2018	Plano Kg 2019	Plano (kg) 2020
1	Lalaua	40,000	43,200	46,656	50,388	54,420
2	Mecuburi	300,000	324,000	349,920	377,914	408,147
3	Murrupula	1,550,000	1,674,000	1,807,920	1,952,554	2,108,758
4	Rapale	2,700,000	2,916,000	3,149,280	3,401,222	3,673,320
5	Nampula	3,500,000	3,780,000	4,082,400	4,408,992	4,761,711
6	Muecate	1,500,000	1,620,000	1,749,600	1,889,568	2,040,733
7	Meconta	2,500,000	2,700,000	2,916,000	3,149,280	3,401,222
8	Monapo	3,100,000	3,348,000	3,615,840	3,905,107	4,217,516
9	Nacaroa	1,400,000	1,512,000	1,632,960	1,763,597	1,904,685
10	Erati	3,550,000	3,834,000	4,140,720	4,471,977	4,829,735
11	Memba	600,000	648,000	699,840	755,827	816,293
12	Nacala-a-velha	600,000	648,000	699,840	755,827	816,293
13	Nacala porto	50,000	54,000	58,320	62,986	68,024
14	Ilha de Moc.	100,000	108,000	116,640	125,971	136,049
15	Mossuril	310,000	334,800	361,584	390,511	421,752
16	Liupo	1,100,000	1,188,000	1,283,040	1,385,683	1,496,538
17	Mogincual	700,000	756,000	816,480	881,798	952,342
18	Mogovolas	10,000,000	10,800,000	11,664,000	12,597,120	13,604,890
19	Angoche	6,000,000	6,480,000	6,998,400	7,558,272	8,162,934
20	Larde	1,800,000	1,944,000	2,099,520	2,267,482	2,448,880
21	Moma	3,600,000	3,888,000	4,199,040	4,534,963	4,897,760
Total		45,000,000	48,600,000	52,488,000	56,687,040	61,222,003

Fonte: INCANJU

Os cálculos efectuados nesse projecto foram realizadas se acordo com os dados do distrito de Meconta.

Projectar e dimensionar uma máquina de processamento ira facilitar e minimizar os esforços da população das zonas rurais no processamento do pedúnculo de caju.

3.1 Protótipo escolhido

A máquina de processamento de sumo de caju será basicamente composta por um sistema fotovoltaico ligado ao motor eléctrico de máquina de processamento de sumo como ilustra o esquema abaixo.

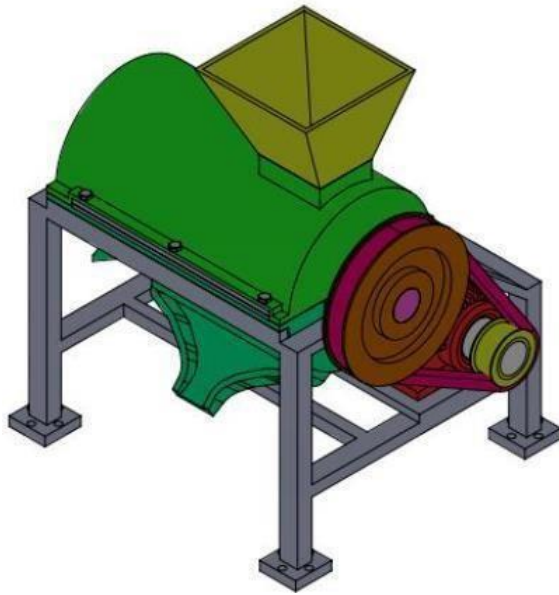
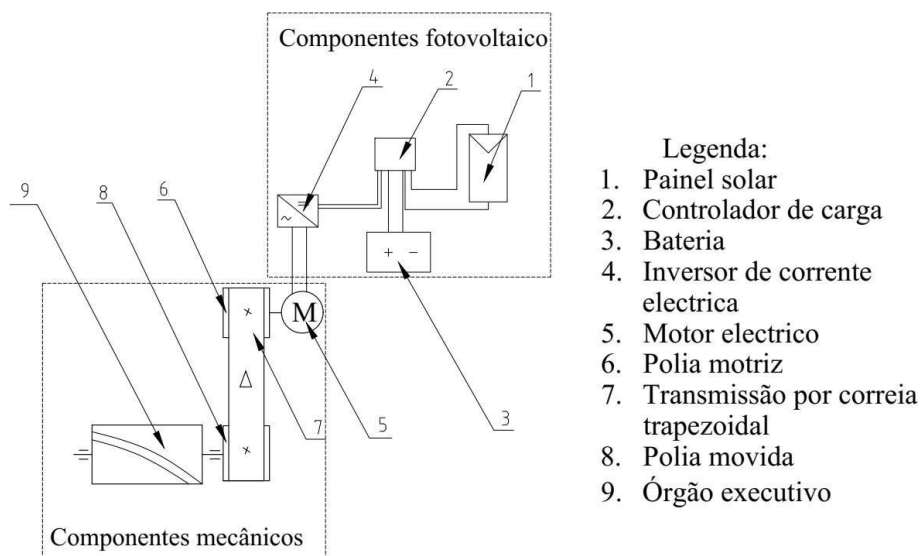


Figura 4.1: Protótipo da Máquina (Fonte: Lima 2008)



- Legenda:
1. Painel solar
 2. Controlador de carga
 3. Bateria
 4. Inversor de corrente electrica
 5. Motor electrico
 6. Polia motriz
 7. Transmissão por correia trapezoidal
 8. Polia movida
 9. Órgão executivo

Figura 4.2: Esquema do acionamento da Máquina (Fonte: Autora 2022)

4 CAPÍTULO IV: METODOLOGIA DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMA

4.1. Tipo de Investigação

Segundo GIL (2007), a pesquisa experimental consiste em determinar um objecto de estudo, seleccionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objecto.

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória com abordagem qualitativa, onde a pesquisa para o embasamento teórico contou com dados quantitativos.

4.2. Instrumentos e procedimentos para recolha, tratamento e análise de dados

4.2.1. Técnicas/Instrumentos para recolha de dados

Para a recolha dos dados foram utilizados as referências bibliográficas que tem a ver com o dimensionamento de uma máquina, utilizando catálogos para obter valores normalizados.

O trabalho a ser realizado consiste numa forma resumida em:

- Concepção do protótipo, dimensionamentos dos componentes mecânicos que compõe a máquina de processamento de sumo de caju.
- Cálculo projectivo das transmissões por correia trapezoidal, seleção dos materiais de fabricação dos componentes.
- Cálculos e dimensionamento dos componentes de sistema de energia fotovoltaico.

5 CAPÍTULO V - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1. Apresentação e Análise dos Resultados

O dimensionamento de componentes mecânico consistira na determinação das dimensões e configuração geométrica desses componentes. Essas dimensões serão determinadas de acordo com os cálculos projetivos.

5.1.1 Condições iniciais a serem consideradas no Projecto

Os dados iniciais do projeto foram escolhidos de acordo com as dimensões de protótipo que pretende ser projectado.

Tabela 4.1: Dados de iniciais projecto (Fonte: Autora, 2022)

Capacidade da Tremonha	6 kg
Número de rotações na saída	573 rpm
Capacidade de Processamento	2 litros/min
Potência do Órgão Executivo (OE)	500 W

Cálculo de rendimento global

Para calcular-se as dimensões dos componentes mecânicos primeiro deve se calcular o rendimento geral de acionamentos.

O rendimento global do acionamento é dado pela seguinte formula:

$$\eta_g = \eta_{cor} \times \eta_{rol} \quad (4.1)$$

$$\eta_{cor} = 0.96 \quad \eta_{rol} = 0.99$$

$$\eta_g = 0.96 \times 0.99 = 0.95$$

Onde:

η_{cor} - é o rendimento mecânico da correia

η_{rol} - é o rendimento mecânico dos rolamentos.

Cálculo de potência de accionamento

O cálculo de potência de accionamento é calculado pela seguinte formula:

$$P_{cal} = \frac{P}{\eta_g} \quad em [kW] \quad (4.2)$$

$$P_{cal} = \frac{0.5}{0.95} = 0.52 kW$$

Onde:

η_g é o rendimento geral do accionamento

P é a Potência do Órgão Executivo

Escolha do motor electrico

De acordo com a potência de accionamento calculada e o número de rotações de órgão executivo, escolheu o motor elétrico com as seguintes características:

Tabela 4.2: Dados de motor escolhido (Fonte: WEIG, 2008)

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

6 Pólos - 60 Hz

0,5	0,37	90S	1150	2,37	5,0	0,31	2,9	3,0	58,5	63,0	65,0	0,43	0,55	0,63	1,0	0,00336	15	49	17
0,75	0,55	90S	1130	3,17	5,0	0,48	2,5	2,5	60,5	65,0	67,0	0,47	0,59	0,68	1,0	0,00336	15	49	17
1	0,75	90S	1130	3,77	5,3	0,63	2,4	2,7	70,0	73,5	74,5	0,48	0,61	0,70	1,0	0,00504	14	49	20
1,5	1,1	90S	1130	5,50	5,3	0,95	2,5	2,7	70,0	73,0	75,0	0,48	0,60	0,70	1,0	0,00560	9	49	22
2	1,5	100L	1150	7,21	5,8	1,25	2,4	2,8	75,0	76,5	78,0	0,48	0,61	0,70	1,0	0,01121	14	48	29
3	2,2	100L	1140	10,20	5,5	1,88	2,4	2,7	75,0	77,0	78,5	0,54	0,64	0,72	1,0	0,01289	10	48	31

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

6 Pólos - 60 Hz

0.5	0.37	90S	1150	2.37	5.0	0.31	2.9	3.0	58.5	63.0	65.0	0.43	0.55	0.63	1.0	0.00336	15	49	17
0.75	0.55	90S	1130	3.17	5.0	0.48	2.5	2.5	60.5	65.0	67.0	0.47	0.59	0.68	1.0	0.00336	15	49	17
1	0.75	90S	1130	3.77	5.3	0.63	2.4	2.7	70.0	73.5	74.5	0.48	0.61	0.70	1.0	0.00504	14	49	20
1.5	1.1	90S	1130	5.50	5.3	0.95	2.5	2.7	70.0	73.0	75.0	0.48	0.60	0.70	1.0	0.00560	9	49	22
2	1.5	100L	1150	7.21	5.8	1.25	2.4	2.8	75.0	76.5	78.0	0.48	0.61	0.70	1.0	0.01121	14	48	29
3	2.2	100L	1140	10.20	5.5	1.88	2.4	2.7	75.0	77.0	78.5	0.54	0.64	0.72	1.0	0.01289	10	48	31

$$P = 0.55 \text{ kW}$$

$$n_{me} = 1130 \text{ rpm}$$

$$\text{Rendimento mecânica } \eta [\%] = 0.75$$

Cálculo de relação de transmissão

$$u_{cor} = \frac{n}{n_t} = \frac{1130}{573} = 2 \quad (4.3)$$

5.1.2 Cálculo de elementos de transmissão de movimento

A máquina é constituída por uma transmissão por correia trapezoidal, além dos outros. Neste trabalho, para o cálculo da transmissão por correia trapezoidal, recorreu-se a manual de Órgão de Máquinas.

Cálculo da transmissão por correia trapezoidal

Dados de partida

$$P_1 = 0.55 \text{ kW}$$

$$n_1 = 1130 \text{ rpm}$$

$$u_{cor} = 2$$

$$T_1 = 13.89 \text{ Nm}$$

Escolha de material

Escolhe-se uma correia trapezoidal de tela cauchutada.

Escolha do tipo da correia

Em função da potência a transmitir e da frequência de rotações, escolhe-se o tipo ou secção da correia. Com base no auxílio da figura para a potência de 0.52 kW e o número

de frequência de rotações de 1130 rpm, foi escolhida a correia trapezoidal de “seção A”, com os parâmetros geométricos e cinemáticos apresentados na tabela abaixo:

Tabela 3.4: Parâmetros geométricos da correia trapezoidal (Fonte: Autora, 2022)

Tipo de correia	Designação	b_c [mm]	b_0 [mm]	h [mm]	h_c [mm]	A [mm ²]	D_{min} [mm]
Trapezoidal	A	11	13	8	2.8	81	90

Onde:

b_c - largura do cálculo da correia;

b_0 - largura máxima da correia;

h_c - altura do cálculo da correia;

h - Altura máxima da correia;

A - Área da secção transversal da correia;

D_{min} - Diâmetro mínimo recomendado (das polias)

Comprimento limite de cálculos: 560 ... 4000 mm

Torque transmitido: 11 ... 70 N.m

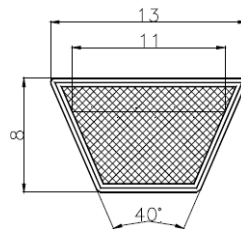


Figura 4.3: Parâmetros geométricos da correia (Fonte: Autora, 2022)

Escolha do diâmetro de cálculo da polia menor

Escolhe – se o diâmetro de cálculo da polia menor d_{c1}

$$d_{c1} = 100 \text{ mm e } P_0 = 0,52 \text{ kW}$$

Determinação da velocidade da correia

Determina – se a velocidade linear da correia com a expressão abaixo:

$$v_1 = \frac{\pi \times d_{c1} \times n_1}{60000} \quad (4.4)$$

$$v = 14.91 \text{ m/s}$$

Cálculo do diâmetro de cálculo da polia maior

Para o cálculo de diâmetro da polia maior recorre-se a seguinte formula:

$$d_{c2} = u_{corr} \times d_{c1} \quad (4.5)$$

$$d_{c2} = 207 \text{ mm}$$

Normalizando o valor acima calculado, tem – se:

$$d_{c2} = 200 \text{ mm}$$

Correção da relação de transmissão e frequência de rotações do veio movido

Correção da relação de transmissão

$$u_{corr} = \frac{d_{c2}}{d_{c1}} = 2$$

Cálculo do erro na relação de transmissão

$$\Delta u = \frac{u_{calc} - u_{corr}}{u_{calc}} = \frac{2 - 2.07}{2} \times 100\% = 1.75 \%$$

Como o erro na relação de transmissão é menor que 4%, não é necessário fazer recálculos dos diâmetros das polias.

Correção da frequência de rotações do veio movido.

$$n_2 = \frac{n_1}{u_{corr}} \quad (4.6)$$

$$n_2 = 588 \text{ rpm}$$

Cálculo da distância interaxial

Considerando que se pretende uma transmissão com dimensões reduzidas e a regulação da tensão é periódica, a expressão para o cálculo da distância interaxial toma a seguinte forma:

$$a \geq 2 \times (d_1 + d_2) \quad (4.7)$$

$$a = 600 \text{ mm}$$

Cálculo do comprimento da correia

Determina se o comprimento da correia é aproximado – se o resultado obtido ao valor normalizado mais próximo, usando – se a expressão abaixo:

$$l_c = 2 \times a + 0.5 \times \pi \times (d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \times a} \quad (4.8)$$

$$l_c = 1404 \text{ mm}$$

O valor normalizado mais próximo é $l_c = 1420 \text{ mm}$

Correção da distância interaxial

$$a = \frac{1}{8} \times [2 \times l_c - \pi \times (d_2 + d_1) + \sqrt{[2 \times l_c - \pi \times (d_2 + d_1)]^2 - 8 \times (d_2 - d_1)^2}] \quad (4.9)$$

$$a = 650 \text{ mm}$$

Verificação do ângulo de abraçamento da polia menor pela correia

$$\alpha = 180^\circ - 57^\circ \times \frac{d_2 - d_1}{a} \quad (4.10)$$

$$\alpha = 136^\circ$$

Como o ângulo α é maior que 120° não há necessidade de se aumentar a distância interaxial ou montar uma polia desviadora, medidas estas, tendentes a aumentar o ângulo de abraçamento α .

Verificação da frequência de passagens

A verificação de frequência de passagem é dada pela seguinte fórmula:

$$U = \frac{v}{l_c} \quad (4.11)$$

$$U = 5.33 \text{ s}^{-1}; [U] < 10 \dots 20 \text{ s}^{-1}$$

Como se pode ver no cálculo acima, a frequência de passagens não supera os limites recomendados e por isso se procede com os cálculos sem nenhuma alteração dos parâmetros geométricos da transmissão. Caso fosse o contrário, seria necessário aumentar – se a distância interaxial.

Determinação da potência transmissível por cada correia

Pode-se recorrer a fórmula abaixo para o cálculo da potência transmissível por cada correia.

$$P_c = P_0 \times \frac{C_\alpha \times C_l \times C_i}{C_r} \quad (4.12)$$

Onde:

C_α – é o coeficiente do ângulo de abraçamento, a partir da página 33 de {2} vem: $C_\alpha = 0.92$;

C_l – é o coeficiente do comprimento da correia (que considera a frequência de passagens), para a sua escolha usa – se o gráfico da figura 12.27 de {2}: $C_l = 0.97$;

C_i – é o coeficiente da relação de transmissão, escolhe – se da figura 12.28 de {2}: $C_i = 1.54$

C_r – é o coeficiente do regime de carregamento, onde da tabela da página 34 de {2}, obtém – se: $C_r = 1.11$ para um regime suave.

Introduzindo os respetivos valores na fórmula, vem:

$$P_c = 0.52 \times \frac{0.92 \times 0.97 \times 1.1}{1.11} = 0.51 \text{ kW}$$

Determinação do número de correias para transmitir a potência total

$$z = \frac{P}{P_c \times C_z} \quad (4.13)$$

Onde:

P – é a potência de entrada do acionamento;

P_c – é a potência transmissível por cada correia;

C_z – é o coeficiente de número de correias, a partir da página 34 de {2} vem: $C_z = 0,95$

De (23): $z = \frac{1.38}{1.48 \times 0.95} \quad z = 0.977$; arbitra – se $z = 1$ para maior segurança.

Cálculo da força de tensão inicial

Para o cálculo da força de tensão inicial F_0 , requer – se inicialmente o cálculo da força centrífuga F_v .

Cálculo da força centrífuga

$$F_v = \rho \times A \times v^2 \quad (4.14)$$

$$F_v = 1250 \times 81 \times 10^{-6} \times 14.91^2 = 13.52 \text{ N}$$

Cálculo da força de tensão inicial

$$F_0 = \frac{0,85 \times P \times C_r \times C_l}{z \times v \times C_\alpha \times C_i} + F_v \quad (4.15)$$

$$F_0 = 133 \text{ N}$$

Cálculo da força sobre os veios

$$F = \sqrt{F^2 + F^2 + 2 \times F \times F \times \cos \beta} \approx 2 \times F \times \cos \beta \quad (4.16)$$

Para “z” correias (neste caso $z = 1$) multiplica – se a força de cada correia por “z”:

$$F_r = 2 \times F_0 \times \cos \frac{\beta}{2} \times z \quad (4.17)$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha = 180 - 136 = 44^\circ = 1.03847 \text{ radianos}$$

$$F_r = 493.62 \text{ N}$$

Longevidade da correia

A longevidade da correia é estimada pela expressão abaixo:

$$T = T_{med} \times K_1 \times K_2 \quad (4.18)$$

Onde:

K_1 – Coeficiente que considera o regime de carregamento (para uma carga suave: $K_1 = 2.5$);

K_2 – Coeficiente que considera as condições climáticas (para zonas com elevada humidade: $K_2 = 0.75$);

T_{med} – tempo médio de funcionamento da correia (para regime de exploração médio:

$$T_{med} = 2000 \text{ horas}).$$

Escolha do material para as polias

O material para as polias escolhe – se de acordo com os parâmetros cinemáticos e geométricos da transmissão, onde neste projeto escolhe – se o ferro fundido pois, este possui boas propriedades do ponto de vista térmico por não possuir o inconveniente de aumento de temperatura devido ao atrito como se observa no caso de outros materiais, como por exemplo, os materiais plásticos.

Cálculo dos parâmetros geométricos das polias

De acordo com os cálculos realizado têm – se os seguintes parâmetros geométricos das polias, com gargantas normais, para as correias trapezoidais.

Tabela 4.4: Parâmetros geométricos de elementos de transmissão (Fonte: Autora, 2022)

Parâmetros	Valores
Ângulo de abraçamento	136°
Largura das Polias	21 mm
Diâmetro da Polia Motora (d_{c1})	100 mm
Diâmetro da Polia Movidada (d_{c2})	200 mm
Distância Interraxial (a)	650 mm
Comprimento da correia (<i>l</i>)	1404 mm
Número de correia (z)	1

5.1.3 Órgão executivo

O rolo (órgão executivo) desempenha papel fundamental na transformação do caju em sumo, ele será montado junto com o veio que está apoiado sobre os mancais e para garantir a sua fixação, será aparafusado sobre o veio. Ele estará centralizado entre crivo superior e crivo inferior, distância entre mínima entre o rolo e crivos é igual a 3 mm e distância máxima é de 6 mm.

Estas distâncias permitiram um esmagamento ótimo de caju permitido assim a melhor extração do sumo.

De acordo com o ambiente de trabalho o rolo deverá ser feito com liga de alumínio e que possuirá as seguintes dimensões.

Diâmetro do rolo: $D_{max} = 214$ mm

$$D_{min} = 210 \text{ mm}$$

Comprimento do rolo: $L = 600$ mm

Massa do rolo $m = 1$ kg

Determinação das dimensões de veio do rolo

O veio do rolo desempenhara a função de elemento de transmissão do momento torsor da polia movida para o rolo, sendo um do elemento principal para o funcionamento correto da Maquina, ele será construído com o material que lhe confere as propriedades mecânicas adequadas de modo que possa resistir todas as condições que será submetida.

Neste caso escolheu aço C45.

Para o cálculo do primeiro escalão do veio será usada a seguinte formula:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0.2 \times [r]}} \quad (mm) \quad (4.19)$$

$$T_i = 9550 \times \frac{P_i}{n_i} [Nm] \quad (4.20)$$

$$T = 9550 \times \frac{1,2}{700} = 17,14 Nm$$

Onde: P é a potência do rolo

T é o momento torsor do rolo

n é o numero de rotações do rolo

$[r]$ – Tensão de cisalhamento admissível.

A tensão de cisalhamento admissível toma os seguintes valores:

$[r] = 20 \dots 30 \text{ MPa}$ – Para veios de transmissão;

$[r] = 20 \dots 30 \text{ MPa}$ – Para veios de redutores e caixas de velocidade

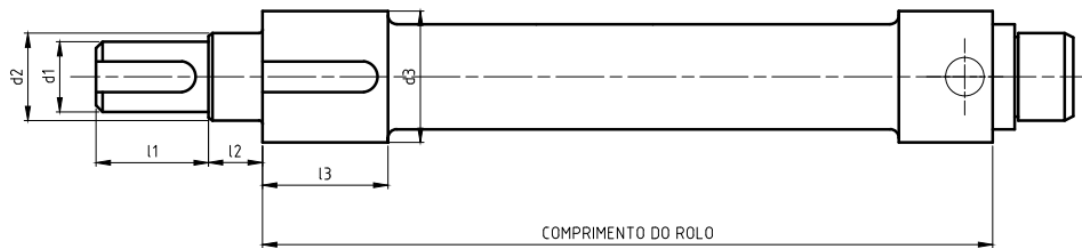


Figura 4.4: Veio do órgão executivo (FONTE: Autora, 2022)

Para primeiro escalão teremos:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{17.13 \times 10^3}{0.2 \times 20}} = 28 \text{ mm}$$

O seu comprimento será igual a largura da polia movida. $l_1 = b = 21 \text{ mm}$

Para segundo escalão teremos:

$$d_2 = d_1 + 2 \times t = 28 + 2 \times 2.5 = 33 \text{ mm}$$

Neste caso, $d_2 = 35 \text{ mm}$

O seu comprimento será igual a largura do mancal:

$$l_2 = B = 19 \text{ mm}$$

Para terceiro escalão teremos:

$$d_3 = 50 \text{ mm}$$

Para outro lado o teremos apenas segunda e terceira escalão com as dimensões iguais com as dos anteriores

Os cálculos efectuados nesse projecto foram realizadas se acordo com os dados do distrito de Meconta.

5.1.4. Escolha do rolamento

Para escolher um rolamento, há vários fatores importantes a considerar. O primeiro fator diz respeito à carga que um rolamento pode suportar. Existem dois tipos de carga:

- **carga axial:** paralela ao eixo de rotação;
- **carga radial:** perpendicular ao eixo de rotação'

Um rolamento é concebido para suportar cargas axiais ou cargas radiais. Contudo, certos rolamentos podem ser submetidos simultaneamente a esforços radiais e axiais: são os chamados rolamentos combinados. Se necessitar de um rolamento que suporte cargas combinadas, poderá optar por um rolamento de rolos cónicos. Se precisar de um rolamento capaz de suportar uma elevada carga radial, recomendamos-lhe um rolamento de rolos cilíndricos (Barbosa, 2014).

A velocidade de rotação é um outro elemento a ter em conta. Alguns rolamentos são projetados para suportar altas velocidades. A existência de uma gaiola nos rolamentos de rolos cilíndricos e nos rolamentos de agulhas permite alcançar velocidades mais elevadas do que os rolamentos sem gaiola. De notar, porém, que a escolha de mais velocidade poderá implicar menor capacidade de carga.

Deve, ainda, levar em linha de conta a eventual existência de desalinhamentos. Certos tipos de rolamentos, como os de duas carreiras de esferas, não são adequados para estes casos. Portanto, é fundamental tomar atenção ao tipo de construção do rolamento: os rolamentos série Y e os rolamentos auto - compensadores podem facilmente absorver esses defeitos de alinhamento. Será aconselhável optar por um rolamento de auto - alinhamento , que permitirá corrigir automaticamente esses defeitos causados pela flexão do eixo ou por erros de instalação (Barbosa, 2014).

Para o projecto, escolheu-se rolamento FAG auto - compensadores de rolos 2207TV (Designação de rolamentos FAG) com as seguintes características:

- Diâmetro do anel interno $d = 35$ [mm];
- Diâmetro do anel externo $D = 72$ [mm];
- Largura do anel $B = 23$ [mm];
- Dimensão axial $C = 14.5$ [mm];
- Capacidade de carga dinâmica $C_r = 54$ KN
- Capacidade de carga estática $C_o = 71$ KN
- Numero de rotações $n = 13000$ rpm

O catálogo usado para a escolha de rolamentos é da FAG, cuja as frequências de rotações dos rolamentos escolhido são superiores a 500 rpm

5.2. Cálculo dos parâmetros do sistema fotovoltaico

5.2.1. Cálculo de potência teórica do sistema fotovoltaico

Para o projeto foi escolhido o sistema fotovoltaico autónomo com armazenamento de carga

Os dados iniciais do projeto foram escolhidos de acordo com as dimensões de protótipo que pretende ser projectado

Tabela 4.5: Dados de entrada para calculo de sistema fotovoltaico (Fonte: Autora 2022)

Consumo diário da máquina	4.4 kW
Potência da máquina	0.55 kW
Tempo diário de operação da máquina	8 horas
Irradiação solar do local (Nampula)	4.003 kWh/m ²

Tabela 4.7: Dados de irradiação solar da província de Nampula (Fonte: Nhanombe, 2002)

NAMPULA	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
RAD/CAL	523,4	498,2	509,7	481,4	424,2	399,5	404,2	464,9	542,6	584,2	592,7	548,6
RAD/OBS	523,9	506,6	512,3	483,5	427,0	400,3	405,6	464,0	544,0	582,8	593,4	555,7

A potência teórica do sistema pode ser calculada pela seguinte formula:

$$pfv = \frac{(C/trr)}{F} \quad (4.21)$$

Onde:

Pfv é a potência teórica do sistema fotovoltaico

Consumo é anual de energia (kWh/ano)

Irradiação é solar do local em (kWh/m²/ano)

F é factor de performance do sistema (F=0.85)

O consumo anual de energia pode ser calculado de seguinte fórmula:

$$C = P_m \times h_d \times d_m \times m_a$$

Onde:

P_m é a potencia do motor (kW)

h_d são as horas diaria de funcionamento (h)

d_m são dias de funcionamento durante um mes

m_a é o numero de meses do ano

Substituindo na fórmula anterior teremos:

$$C = 0,55 \times 8 \times 22 \times 12 = 1161.6 kWh$$

Para o cálculo foi escolhido a irradiação de 4.003 kWh/m²/ano

$$Pfv = \frac{(1161.6/(4.003 \times 365))}{0.85} = 0.94 kWp$$

Deve se adicionar mais de 25% a potência teórica de modo a compensar as perdas.

$$Pfv = 1.25 \times 0.94 = 1.2 kWp$$

5.2.2. Cálculo de quantidade de painéis

A quantidade de painéis solar pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$Qp = \frac{Pfv}{Pp} \quad (4.22)$$

Onde:

Q_p é a quantidade de painéis solar;

P_p é a potência de painel solar escolhido;

P_{fv} é a potência teórica do sistema fotovoltaica

Para o projecto foi escolhido os painéis fotovoltaico de luxor 250 com 300 W

Vide abaixo a tabela das especificações de painel.

Tabela 4.6: Especificação de painel solar (Fonte: TECHNO SUN, 2016)

Electrical data at STC					
Rated power P_{mpp} [Wp]	280.00	285.00	290.00	295.00	300.00
P_{mpp} range to	286.49	291.49	296.49	301.49	306.49
Rated current I_{mpp} [A]	8.85	8.94	9.03	9.11	9.20
Rated voltage V_{mpp} [V]	31.69	31.92	32.16	32.41	32.65
Short-circuit current I_{sc} [A]	9.37	9.46	9.56	9.64	9.74
Open-circuit voltage U_{oc} [V]	38.88	39.17	39.47	39.76	40.06
Efficiency at STC up to	17.24%	17.54%	17.84%	18.14%	18.45%
Efficiency at 200 W/m ²	16.62%	16.96%	17.30%	17.63%	17.99%

Substituindo na fórmula 4.22 teremos:

$$Q_p = \frac{1.2}{0.3} = 4$$

Serão necessários 4 painéis fotovoltaico de 300 W para atender a demanda.

Vide em anexo as especificações do painel solar.

O **arranjo fotovoltaico** consiste numa associação de módulos, conexões, díodos de proteção e estruturas de suporte. O módulo é o dispositivo gerador propriamente dito, que geralmente, consiste num conjunto de células fotovoltaicas interligadas e conectadas.

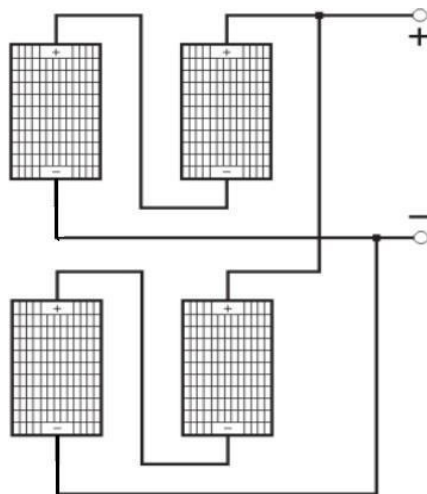


Figura 4.11: Arranjo fotovoltaico do sistema (Fonte: Autora 2022)

Os painéis fotovoltaicos serão ligados em serie e em paralelo segundo a figura acima.

5.2.3. Dimensionamento de inversor

Raramente um gerador fotovoltaico entrega a sua potência nominal máxima. Em alguns dias o céu pode se apresentar nebuloso, fazendo com que a radiância seja inferior a $1000\text{W}/\text{m}^2$. Além disso, a temperatura das células pode se encontrar mais alta do que os 25°C . Dessa forma, como as condições de operação dificilmente assemelham-se às condições STC (Condições de Teste Padrão), a potência fornecida pelo gerador é geralmente inferior à sua capacidade nominal. O dimensionamento do sistema deve ser feito de modo tal que o inversor não seja nem pouco utilizado nem sobrecarregado. O sob dimensionamento foi identificado no início dos anos 90 como uma possibilidade de redução dos custos do kWh gerado (Macedo, 2006). Utilizando um inversor menor para o mesmo gerador fotovoltaico sem impactar na quantidade de energia e na qualidade do sistema, a energia gerada tende a ser mais barata.

A potência de inversor pode ser calculada pela seguinte fórmula:

$$P_{inver} = 0.7 \times P_{FV} \quad (4.23)$$

Onde:

P_{inver} é a potencia do inversor

P_{FV} é a potencia fotovoltaica total do sistema

A potência fotovoltaica total é o somatório das potências de cada painel existente no sistema.

$$P_{FV} = n \times P_p \quad (4.24)$$

Onde:

P_{FV} é a potencia fotovoltaica total do sistema

n é o numero de painel existente no sistema

Substituindo nas fórmulas teremos:

$$P_{FV} = 4 \times 300$$

$$P_{FV} = 1200 \text{ Wp}$$

$$P_{inver} = 0.7 \times 1200$$

$$P_{inver} = 840 \text{ Wp}$$

Tabela 4.7: Especificação de inversor (Fonte: SOLAX, 2018)

	X1-0.6	X1-0.7	X1-1.1	X1-1.5	X1-2.0	X1-2.5K
INPUT (DC)						
Max.PV array power [Wp]	900	1050	1650	2250	3000	3750
Max.DC voltage [V]	450	450	450	450	450	550
Nominal DC operating voltage [V]	360	360	360	360	360	360
Max. input current [A]	14	14	14	14	14	14
Max. short circuit current [A]	16	16	16	16	16	16
MPPT voltage range[V]	45-430	45-430	45-430	50-430	50-430	55-530
Start operating voltage[V]	50	50	50	50	50	70
No. of MPP trackers	1	1	1	1	1	1
Strings per MPP tracker	1	1	1	1	1	1
OUTPUT AC						
Nominal AC power [VA]	600	700	1100	1500	2000	2500
Max. AC power [VA]	960/600 (for VDE4105)	770	1210	1650	2200	2750
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]	220/230/240; 180~280					
Nominal grid frequency/range [Hz]	50/60; ±5					
Nominal AC current [A]	2.61	3.04	4.78	6.52	8.7	10.8
Max. AC current [A]	2.87	3.3	5.3	7.2	9.6	11.9
Displacement power factor	0.8 leading ~ 0.8 lagging					
THDi, rated power [%]	<3					

Vide em anexo as especificações do inversor.

5.2.4. Dimensionamento do banco de baterias

Como a energia solar é variável e muito dependente das condições atmosféricas, o emprego de um sistema de armazenamento que garanta o fornecimento de energia a carga durante a noite ou em período com déficit de sol é imprescindível. Nos sistemas fotovoltaicos autônomo o banco de baterias junto com os painéis solar são os componentes com maior custo devido a necessidade de manutenção periódica, e a menor vida útil das baterias em comparação com os módulos fotovoltaicos o que aumenta os custos de sistema de reposição constante. Assim então é importante uma boa escolha dos métodos de carga e descarga das baterias a fim de garantir uma diversa prolongação da vida útil delas (Pinho 2014).

Para o projeto de dimensionamento de banco de baterias deve se considerar dois parâmetros fundamentais: a autonomia do sistema e a profundidade de descarga aceita pelas baterias.

A autonomia de sistema corresponde ao número de dias nos quais a energia armazenada no banco de baterias é suficiente para atender a demanda sem nenhuma reposição pelos painéis fotovoltaicos.

A profundidade de descarga de uma bateria esta relacionada diretamente com a vida útil dela. Como pode-se observar na figura 4.12 utilização de uma profundidade de descarga elevada faz decair a significativamente a vida útil de bateria. Para esse projeto foi utilizado a profundidade de carga de 30% com qual se espera garantir que o sistema de armazenamento de energia funcione num período de três anos.

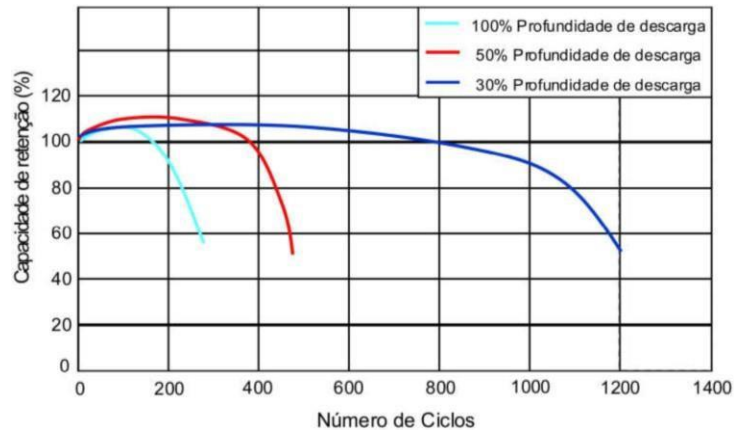


Figura 4.12: Diagrama de profundidade de carga (Fonte: Pinho, 2014)

Pode-se calcular a diário da corrente recorrendo a seguinte fórmula:

$$I_{dia} = \frac{\text{potência de consumo diario}}{\text{tensão da bateria}} \quad (4.25)$$

$$I_{dia} = \frac{4400}{24} = 183.33 \text{ Ah}$$

O consumo corrente corrigido considerando as perdas.

$$I_{diaCorr} = \frac{183.33}{(0.98 \times 0.95 \times 0.85 \times 0.9)} = 257.41 \text{ Ah}$$

A corrente total pode ser calculada pela seguinte formula:

$$I_{total} = \frac{\text{Consumo[Ah]} \times \text{Autonomia[dias]}}{\text{Profundidade de carga}} \quad (4.26)$$

Para este projecto foi escolhido 2 dias de autonomia

$$I_{total} = \frac{257.41 \times 2}{0.3} = 1716.1 \text{ Ah}$$

Escolheu-se para o sistema oito baterias da marca ZTGF Modelo Byd Life Po4 de 220 Ah de capacidade e tensão nominal de 24 volts ligadas em paralelos. Esta escolha foi feita de acordo com o consumo total da corrente.

5.2.5. Dimensionamento de controlador de carga

O controlador ou regulador de carga é um dos principais componentes de um sistema solar fotovoltaico, sendo o responsável pela duração da vida útil dos bancos de baterias, e é um dos componentes mais dispendiosos nestes sistemas fotovoltaicos.

A função do regulador de carga, é a de proteger as baterias de serem sobrecarregadas, ou descarregadas profundamente, e assim garantir, que toda a energia produzida pelos painéis fotovoltaicos, é armazenada com maior eficácia nas baterias.

Os controladores de carga possuem uma série de dispositivos que informam permanentemente sobre o estado de carga do sistema e alertam o utilizador para que este possa adaptar a instalação às suas necessidades particulares, aumentando assim o tempo de vida útil das baterias.

Os reguladores de carga, utilizam-se principalmente em sistemas isolados da rede, ou seja, autónomos, compostos por módulos fotovoltaicos, ligados a um regulador, que por sua vez está ligado a baterias para alimentação.

Para o cálculo da sua capacidade pode se recorrer a seguinte fórmula:

$$I_{regulador} = \frac{P_{sistema}}{V_{sistema}} \quad (4.27)$$

Onde: $P_{sistema}$ é a capacidade de produção (Watt)

$V_{sistema}$ é a tensão do das baterias (Volts)

$$I_{regulador} = \frac{1200}{24} = 50A$$

De acordo com o cálculo realizado, foi escolhido um regulador de carga da Growatt modelo SC4860 com a corrente de 60 amperes.



Figura 4.13: Regulador de carga (Fonte: Growatt, 2020)

Vide em anexo as especificações de regulador de carga.

Vide o circuito controlador geral de sistema fotovoltaico em apêndice

5.3. Discussão dos Resultados

Para a manutenção dos componentes dos mecânicos, foi escolhida a manutenção preventiva como a manutenção recomendável para o mecanismo, deste modo, evitará as avarias dos equipamentos.

Para alguns componentes críticos do mecanismo, a sua manutenção será realizada de acordo com os manuais de fabricantes.

Vide tabela abaixo de manutenção de componentes fundamentais de máquina de processamento de caju.

Tabela 4.8: Plano de manutenção (Fonte: Autora, 2022)

Componentes	Actividades a realizar	Tempo
Correia	Verificar o desgaste de correia e inspecionar os elementos de tensionamento de correia.	Semanalmente
Rolamentos	Verificar o desgaste dos mancais, inspecionar a lubrificação dos mancais e rolamento.	Semanalmente
Motor	Inspecionar os elementos que compõe o motor, nível de elevação de temperatura, níveis de isolamento.	Semanalmente
Malha de crivo	Verificar e inspecionar se os componentes de sistema de segurança esta operacional	Mensalmente
Estrutura	Inspecionar o estado dos parafusos e níveis de vibração.	Semanalmente

5.4. Viabilidade económica do Projecto

Visando a viabilidade do dimensionamento e construção de máquina de processamento de sumo, fez-se uma estimativa dos valores de mercado para os componentes considerados mais importantes para a construção. O valor obtido foi de aproximadamente 427146.8 meticais, porém esse valor pode aumentar significativamente, pois existem alguns pontos que não foram considerados, como o transporte de material para o local onde será fabricado e a obtenção de alguns consumíveis. Estima-se que o custo final do projeto seja em torno de 25% a mais do que o valor somados quadros abaixo, ou sejam aproximadamente 533933.5 meticais (quinhentos e trinta e três e novecentos e trinta e três meticais e cinquenta centavos), por conta das justificativas dadas anteriormente.

Tabela 4.9: Preço dos componentes dos componentes mecânicos (Fonte: Autora, 2022)

COMPONENTES	Preço unitário(MT)	Quantidades	Preço (MT)
Motor de 0.55 kW	6656	1	6656
Correia - 2 metros	2240	1	2240
Tubo de 40x40x2 mm – 12 metros	2320	1	2320
Chapa de 2500x1200x3 mm	25200	1	25200
Parafusos e porcas	10500	Conjunto	10500
Polias	25100	Conjunto	16100
Rolamentos	11020	Conjunto	11020
Parafuso	15000	1	8000
Custo de transporte e importação	21000	Conjunto	5000
PREÇO TOTAL DE TODOS COMPONENTES			72036

O valor total para a compra de material e componentes para a fabricação da máquina é 72036 meticais. Neste valor deve-se acrescentar mais 30% que corresponde a valor de mão de obra. O preço total de compra de componentes mecânicos, fabricação e montagem será igual a 93646.8 meticais. Vide abaixo a tabela de preço dos componentes de sistema fotovoltaico

Tabela 4.10: Preço dos componentes dos componentes do sistema fotovoltaico (Fonte: Autora, 2022)

COMPONENTES	Preço unitário(MT)	Quantidades	Preço (MT)
Painéis solar 300 w	14720	4	58880
Baterias 220 Ah	35200	8	231600
Regulador de carga 60A	11200	1	2320
Inversor de corrente	5000	1	25200
Cabos	10500	Conjunto	10500
Custo de transporte e importação	5000	Conjunto	5000
PREÇO TOTAL DE TODOS COMPONENTES			333500

Para a instalação de todo conjunto de sistema fotovoltaico será necessário 25000 meticais, isto é, a mão de obra necessária.

O custo total do projecto esta estimado em 533933.5 meticais (quinhentos e trinta e três mil e novecentos e trinta e três meticais e cinquenta centavos).

5.5.Métodos de manutenção das máquinas e Painéis Fotovoltaico

5.5.1. Manutenção de componentes mecânicos

A manutenção desempenha um papel crucial na produtividade de no desempenho dos equipamentos. Para se garantir um elevado desempenho da maquina de processamento de

sumo de caju, deve ser inspecionado permanentemente e substituído imediatamente as peças dos componentes que não estiverem em boas condições e que colocam em risco a segurança do operário e que comprometem a produtividade da máquina. Os cuidados apropriados, por parte do operador em relação à máquina de processamento são essenciais e vital para o cumprimento de programa de manutenção. A participação do operador, na manutenção do equipamento, fará com que avisos prévios de pontos potenciais de defeitos sejam sanados antes que causem maior prejuízo. A manutenção por parte do operador não prevê reparos e consertos. Caso estes sejam necessários, uma empresa especializada deve ocupar-se com a tarefa.

5.5.2. Manutenção de componentes fotovoltaicos

Para garantir maior durabilidade e eficiência, é fundamental manter a manutenção de sistemas fotovoltaicos em dia. O sistema de energia solar oferece muitas vantagens para os consumidores, entre elas a diminuição de danos ambientais e baixo custo, se comparado o investimento total ao tempo estimado de vida útil dos módulos. Os painéis são de fácil instalação, o que não dispensa mão de obra especializada, e o sistema oferece ótimo custo-benefício.

Porém, para ter o retorno do investimento e assegurar a melhor utilização do sistema fotovoltaico, é preciso realizar manutenções simples e periódicas.

5.5.2.1. A importância da manutenção de sistemas fotovoltaicos

A praticidade e a economia fazem da energia solar uma fonte de energia sustentável, que pode ser implantada em áreas urbanas e rurais e em imóveis comerciais, residenciais e industriais. Os sistemas de energia solar demandam pouca manutenção. Por não possuírem peças móveis, os módulos não sofrem desgaste mecânico.

Mas, os painéis fotovoltaicos instalados na cobertura dos imóveis estão expostos à poeira, poluição, galhos, fuligem, folhas, dejetos de aves e outros fatores que podem sujar a superfície. Essa sujeira influencia diretamente na quantidade de energia que o sistema produzirá.

Realizando a limpeza das placas solares de forma adequada, é possível atestar a vida útil desses equipamentos. A garantia oferecida pelos fabricantes é de 25 anos, mas os painéis podem durar até 40 anos se conservados apropriadamente.

Portanto, manutenções periódicas são importantes para garantir que o processo de captação dos raios solares seja eficiente, conferindo a durabilidade e a qualidade do sistema fotovoltaico. Além disso, o acúmulo de sujeira ao longo do tempo pode provocar manchas, favorecer a proliferação de fungos e corrosão dos módulos.

5.5.2.2. A periodicidade ideal para fazer a manutenção

O tempo de limpeza dos painéis solares pode variar de acordo com o local e a região que estiverem instalados. No geral, a limpeza dos módulos deve ser realizada a cada seis meses. Mas, se o imóvel estiver localizado em regiões mais secas e com alta incidência de poeira ou poluição, essa manutenção deve ser feita com mais frequência.

Nesses casos, o recomendado é que a limpeza seja realizada de quatro em quatro meses. Quando essa manutenção é feita de forma incorreta ou em períodos muito longos, a poeira faz com que a produção de energia caia em até 25% da capacidade total.

Além da limpeza, os painéis fotovoltaicos também demandam cuidados com a manutenção elétrica para avaliar o desempenho do sistema. Esse trabalho é feito por um eletricitista que verifica a capacidade de produção de energia e quanto de fato é produzido. O profissional também analisa as condições de todos os equipamentos envolvidos no sistema.

5.5.2.3. O valor investido na manutenção

Existem muitas vantagens em implantar o sistema fotovoltaico no seu imóvel e uma delas é o custo com a manutenção. O valor para manter o seu sistema funcionando no melhor estado é de cerca de 0,5% do valor de investimento total. Por isso, além de produzir uma energia limpa e renovável, o sistema fotovoltaico é bastante econômico.

5.5.2.4. Cuidados com a limpeza dos painéis fotovoltaicos

A limpeza é simples e pode ser realizada sem o uso de mão de obra especializada, mas é preciso seguir critérios de segurança e usar equipamentos de proteção para evitar acidentes. Por isso, é recomendado contar com profissionais capacitados para realizar esse serviço.

Nesse caso, a limpeza deve ser feita com água, detergente neutro e uma esponja macia ou um pano limpo. Não é indicado o uso de produtos químicos, como cloro ou álcool. Não se apoie, nem force os módulos solares. A limpeza deve ser realizada suavemente e com cuidado para não danificar as peças e comprometer a geração de energia.

As placas fotovoltaicas possuem vidro totalmente lisos, o que facilita a limpeza até de sujeiras mais aderentes. Essa lisura e a transparência dos módulos que permitem a penetração da luz nas células fotovoltaicas.

Por isso, não se deve raspar as sujeiras com qualquer tipo de objeto que possa causar riscos ou arranhões no vidro. O acúmulo dessas imperfeições, provocadas por esses instrumentos, é capaz de impedir a passagem de luz e comprometer a eficiência do sistema fotovoltaico.

6. CAPÍTULO IV- CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

6.4.CONCLUSÃO

Neste trabalho de conclusão de curso, foi apresentado projecto de dimensionamento e projecção de máquina de processamento de sumo de caju. Conclui-se que, os objectivos proposto nesse trabalho foram alcançados com sucesso.

Para o protótipo proposto no projeto, é necessário o uso de mecanismo de transmissão de movimento por correia de modo que possa facilitar a montagem e a desmontagem da máquina.

Através dos cálculos realizado, foi possível concluir que as baterias são os componentes de sistema fotovoltaico que possui um elevado preço de aquisição, e que são de extrema importância, pois permite o acúmulo de carga no sistema permitindo com ela funcionem mesmo no período noturno. As baterias usadas devem possuir a capacidade de armazenamento de carga superior de modo que possa atender a demanda, pois, quanto maior a for a capacidade de armazenamento maior será autonomia do sistema fotovoltaico e quanto menor for a capacidade de armazenamento, menor será autonomia.

6.5.RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se um estudo aprofundado com foco na análise da configuração de espira de órgão executivo e no aumento de numero de órgão executivo do protótipo proposto.

Recomenda-se também a realização de um estudo de análise estrutural para a determinação das tensões internas durante o funcionamento da máquina e escolha de diferente tipos de perfil para a construção da estrutura da máquina.

Recomenda-se optimização dos componentes de sistema de fotovoltaico principalmente no dimensionamento de banco de armazenamento de carga de modo a reduzir o custo da máquina.

Recomenda-se a dimensionamento de sistema fotovoltaico ligada a rede elétrica de modo a reduzir a dependência somente energia fotovoltaica para o funcionamento da máquina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALVES DE OLIVEIRA, E.N; SANTOS, Dyego da Costa. *Tecnologia e Processamento de frutas e Hortaliças*. IFRN Editora, Brazil, 2015

Atlas de Construção Mecânica, D. N. Reshetov, Volumes I, II e III, Brazil, 1979.

BARGALE, P.C; SINGH, J. *journal of food science and technology*. March 2000

CARNEIRO Joaquim, *Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos*, Coimbra, 2009.

Catálogo WL 41 520/3 PB, Rolamentos FAG 2004;

FAO. *Key statistics of food and agriculture external trade*. Disponível em <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR20091748513> . Acesso: Novembro de 2022.

FUNAE, *Atlas de energias renováveis de Moçambique*, Maputo, 2015.

FRANCISCO, A. A. da Silva; BARRENHO, Eliana. *Iniciativa FJC-GAPI mais caju em mocambique: Desafio e Visao*. Maputo, 2008

INCAJU, *Análise da cadeia de valor do caju em Moçambique*, Maputo, 2010.

LOPEZ Júlio, *projeto de um sistema fotovoltaico*, Belo Horizonte, 2009.

LIMA, V. de P. M. S. *A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil*. Fortaleza: Banco do Nordeste-ETENE, 1988. (BNB-ETENE. Estudos Econômicos e Sociais, 35).

MEDINA, J.; BLEINROTH, E. W.; BERNHARDT, L. W.; HASHIZUME, T.; REWESTO, O. V.; VIEIRA, L. F. *Caju: da cultura ao processamento e comercialização*. Campinas: ITAL. 2000 (Série Frutas tropicais, 4).

NITIDAE;ACAMOZ. *Apoio a cadeia de valor do caju em Mocambique, relatório de progresso*. Maputo, 2020.

NORTON, Robert, *Projecto de Máquinas*, 4 ed, Poro Alegre, 2013

ORDOÑEZ, J.A. *Tecnologia de Alimentos*. Porto Alegre: Artmed, 2005.

PAIVA F. F. A, *Aproveitamento Industrial do Caju*, Rio de Janeiro, 2000.

PAIVA, F. F. de A.; *Processamento do pedúnculo de caju*. Fortaleza: EMBRAPA-CNPAT: SEBRAE, 2022. (EMBRAPACNPAT. Documentos 138).

PINHO João, *Manual de Engenharia para sistemas fotovoltaicos*, Rio de Janeiro, 2014.

SCHEEL, Rittner Walter. *Óleo de mamona e derivados*, 1996

TECHNO SUN, *Catalogo de energia renovável*, Madrid, 2010.

TREVAS FILHO, V. *Tecnologia dos produtos do pedúnculo do caju*. In: SEMINÁRIO DO CAJU, 1., 1971, Fortaleza. [Resumos...]. Fortaleza: BNB, 1971. (BNB. Monografias, 24).

WELZK, Frank-Joachim, *Manual de resistência dos Materiais*, Volume II, Ministério do Ensino Técnico e Superior da RDA, Dresden, 1985.

<https://www.gatesfoundation.org/ideas/speeches/2008/01/bill-gates-2008-world-economic-forum>

<https://www.google.com/growattsc/4860/manual>

<https://www.google.com.aliexpress.com/af/bateria-220-Ah.html>

<https://www.mfrural.com.br/busca/prensa-expeller>

https://www.google.com/search?sxsrf=ALiCzsbka6nEgdSPUIdLkXgFYU4cr5sAPw:1670533420192&q=prensa+finisher+JBT&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwjG8-H49er7AhVCoVwKHR_DBpcQ0pQJegQIDhAB&biw=1280&bih=520&dpr=1.5#imgrc=NYkcKqc4Oe-2dM

http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=341

ANEXOS

Especificações de painel solar

ECO LINE HALF CELLS P120 / 280-300W

Polycrystalline module family

Module type LX - XXXP/156-120+ | XXX = Rated power Pmpp

Electrical data at STC

Rated power Pmpp [Wp]	280.00	285.00	290.00	295.00	300.00
Pmpp range to	286.49	291.49	296.49	301.49	306.49
Rated current Impp [A]	8.85	8.94	9.03	9.11	9.20
Rated voltage Vmpp [V]	31.69	31.92	32.16	32.41	32.65
Short-circuit current Isc [A]	9.37	9.46	9.56	9.64	9.74
Open-circuit voltage Uoc [V]	38.88	39.17	39.47	39.76	40.06
Efficiency at STC up to	17.24%	17.54%	17.84%	18.14%	18.45%
Efficiency at 200 W/m ²	16.62%	16.96%	17.30%	17.63%	17.99%

Electrical data at NOCT

Pmpp [Wp]	207.79	211.77	215.80	219.64	223.78
Rated current Impp [A]	7.08	7.15	7.23	7.31	7.39
Rated voltage Vmpp [V]	29.37	29.61	29.84	30.06	30.29
Short-circuit current Isc [A]	7.56	7.64	7.72	7.79	7.86
Open-circuit voltage Uoc [V]	35.89	36.17	36.45	36.74	37.02

Specification as per STC (Standard test conditions): irradiance 1000W/m² | module temperature 25°C | AM=1,5

NOCT (nominal operating cell temperature): irradiance 800W/m² | wind speed 1 m/sec | temperature 20°C | @45 +/-2°C | AM=1,5

Limiting values

Max. system voltage [V]	1000 V
Max. return current [I]	25 A
Operating Temperature	-40 to 85°C
Snow-load zone ²	approval up to SLZ 3 (according to DIN 1055)
Max. pressure load (static) [Pa]	5400
Max. dynamic load [Pa]	2400

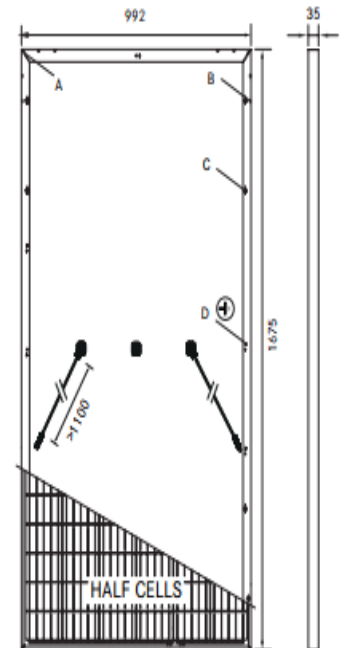
Temperature coefficient

Temperature coefficient [V] [I] [P]	-0.3% /°C 0.055% /°C -0.4% /°C
---	------------------------------------

Specifications

Number of cells (matrix)	120 (6 x 20) 156 mm x 78 mm
Module dimensions (L x W x H) ³ Weight	1675 mm x 992 mm x 35 mm 18.5 kg
Front-side glass	3.2 mm, hardened solar glass with low iron content
Frame	stable, anodised aluminium frame in a hollow-section design
Junction Box	IP68 rated
Cable	symmetrical cable lengths > 1.1 m and 1.1 m, 4 mm ²
Diodes	3 Schottky Diodes
Connectors	MC4 or equivalent (IP67)
Hail test (max. hailstorm)	∅ 45 mm impact velocity 23 m/s ± 83 km/h

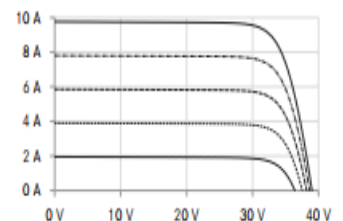
Back - / Front - / Side view³



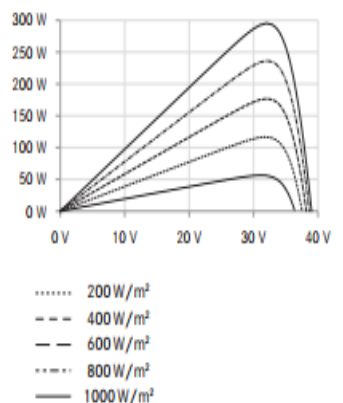
- A: 4 x drainage 10*10 mm
- B: 8 x ventilation aperture 3*7 mm
- C: 8 x mounting hole⁴ d = 2 mm
- D: 2 x earthing d = 2 mm

Electrical characteristics

UI-diagram e.g. LX-290P/156-120+



UP-diagram e.g. LX-290P/156-120+



Especificações de inversor de corrente



X1-MINI (SINGLE PHASE)

	X1-0.6	X1-0.7	X1-1.1	X1-1.5	X1-2.0	X1-2.5K	X1-3.0K	X1-3.3K	X1-3.6K
INPUT (DC)									
Max.PV array power [Wp]	900	1050	1650	2250	3000	3750	4500	4950	5400
Max.DC voltage [V]	450	450	450	450	450	550	550	550	550
Nominal DC operating voltage [V]	360	360	360	360	360	360	360	360	360
Max. input current [A]	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Max. short circuit current [A]	16	16	16	16	16	16	16	16	16
MPPT voltage range[V]	45-430	45-430	45-430	50-430	50-430	55-530	55-530	55-530	55-530
Start operating voltage[V]	50	50	50	50	50	70	70	70	70
No. of MPP trackers	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Strings per MPP tracker	1	1	1	1	1	1	1	1	1
OUTPUT AC									
Nominal AC power [VA]	600	700	1100	1500	2000	2500	3000	3300	3680
Max. AC power [VA]	6600/11000	770	1210	1650	2200	2750	3300	3300	3680
Nominal grid voltage(AC voltage range) [V]	220/230/240; 180~280								
Nominal grid frequency/range [Hz]	50/60; ±5								
Nominal AC current [A]	2.61	3.04	4.78	6.52	8.7	10.8	13.04	14.3	16.0
Max. AC current [A]	2.87	3.3	5.3	7.2	9.6	11.9	14.3	14.3	16.0
Displacement power factor	0.8 leading ~ 0.8 lagging								
THDI, rated power [%]	<3								
EFFICIENCY									
MPPT efficiency [%]	99.9								
Euro efficiency [%]	95.0	95.0	95.5	96.0	96.5	96.5	96.5	96.5	96.5
Max. efficiency [%]	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0	98.0
POWER CONSUMPTION									
Standby consumption (Night) [W]	0								
STANDARD									
Over voltage protection	YES								
Over current protection	YES								
DC isolation impedance monitoring	YES								
Ground fault current monitoring	YES								
DC injection monitoring	YES								
RCD protection	YES								
Safety	EN62109-1/-2								
EMC	EN61000-6-2; EN61000-6-3; EN61000-3-2; EN61000-3-3								
Certification	EN62109-1/-2; G98; AS/NZS 4777.2; VDE4105; EN50438								
ENVIRONMENT LIMIT									
Degree of protection(according to IEC60529)	IP66								
Operating temperature range [°C]	-25~+60(derating at 45)								
Max. operation altitude [m]	≤ 2000								
Humidity [%]	0~100 (condensation)								
Storage temperature [°C]	-30~+70								
Typical noise emission [dB]	<25								
DIMENSION AND WEIGHT									
Dimensions(WxHxD) [mm]	267*328*116								
Weight[kg]	6								

Especificações

MODELO	SC4860	SC4880	SC481000	SC48120
Tensão do sistema solar	12 V/24 V/48 V			
Tensão operacional PV	15~50 Vcc a 12 V 30~100 Vcc a 24 V 60~145 Vcc a 48 V	15~50 Vcc a 12 V 30~100 Vcc a 24 V 60~145 Vcc a 48 V	15~50 Vcc a 12 V 30~100 Vcc a 24 V 60~145 Vcc a 48 V	15~50 Vcc a 12 V 30~100 Vcc a 24 V 60~145 Vcc a 48 V
Tensão máxima do circuito aberto PV	150 Vcc	150 Vcc	150 Vcc	150 Vcc
Potência de entrada PV máxima	12 V 1000 W 24 V 2000 W 48 V 4000 W	12 V 1250 W 24 V 2500 W 48 V 5000 W	12 V 1500 W 24 V 3000 W 48 V 6000 W	12 V 1750 W 24 V 3500 W 48 V 7000 W
Quantidade de rastreadores MPPT	1	1	2	
Corrente de carga máxima	60 A	80 A	100 A	120 A
Consumo de energia	3 W	3 W	5 W	5 W
Eficiência MPPT	99,5%	99,5%	99,5%	99,5%
Eficiência de conversão	97,5%	97,5%	97,5%	97,5%
Proteção	Alta tensão e alta temperatura			
Carga da bateria				
Tipo de bateria	Selada, AGM, gel, convencional, lítio; definido pelo usuário			
Algoritmo de carga	3 estágios: total, absorção, flutuação, equalização			
Tensão de carga total	Selada: 14,4 V AGM gel: 14,1 V Convencional: 14,6 V Definido pelo usuário: 12 a 14,6 V (Para sistemas de 24 V, tensão total*2. Para sistemas de 48 V, tensão total*4)			
Tensão de carga flutuante	Selada/gel/ AGM: 13,7 V Convencional: 13,6 V Definido pelo usuário: 12 a 14,6 V (Para sistemas de 24 V, tensão total*2. Para sistemas de 48 V, tensão total*4)			
Compensação de temperatura	-5 mV/°C com BTS (opcional)			
Comunicação				
Porta de comunicação	USB			
Mecânica				
Peso líquido	3 kg	3,2 kg	3,9 kg	4,1 kg
Dimensões (mm)	280*180*100	280*180*100	305*200*105	305*200*105
Resfriamento	Resfriamento com ventilador			
Compartimento	IP20			
Ambiente				
Temperatura ambiente	-25°C a 60°C (redução de capacidade de 45°C)			
Temperatura de armazenamento	-40°C a +80°C			
Umidade	100% sem condensação			

Apendice

Apendice A – Circuito controlador geral de sistema fotovoltaico

Apendice B – Máquina de processamento de sumo de caju

Apendice C – Desenhos de fabricação