



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa soluções  
Aduaneiras & Logística, Lda.**

**AUTOR:**

Wilson Tomás Rafael

**SUPERVISOR**

Msc. Fernando Chachaia

Maputo, Novembro de 2023



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa soluções  
Aduaneiras & Logística, Lda.**

**AUTOR:**

Wilson Tomás Rafael

**SUPERVISOR**

Msc. Fernando Chachaia

Maputo, Novembro 2023



Soluções Aduaneiras & Logística, Lda

A  
UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
Av. Moçambique, Km 1,5, C. Postal 257  
Telf. 258 21 475315

Vossa Referência  
FE-007/2023  
16-08-2023

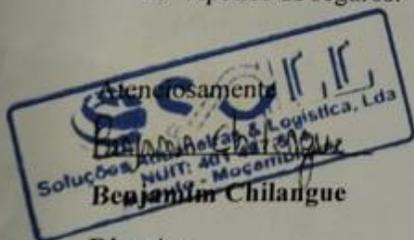
Contacto:  
Helder Cossa  
[helercoffa.sall@outlook.com](mailto:helercoffa.sall@outlook.com)  
Telefone: +258 84 733 3381

**Assunto: Resposta ao Pedido de Estágio Profissional**

Acusamos a recepção da carta de V.Excia, através da qual solicita o estágio profissional a favor do Sr. **Wilson Tomas Rafael**, estudante do curso de **Engenharia Elétrica**, pelo que vimos pela presente informar que a mesma mereceu a nossa especial atenção.

Atinente ao mesmo, temos a honra de informar que estamos disponíveis para o acolhimento, podendo para o efeito apresentar-se a partir do dia 28 de Agosto de 2023, munido dos equipamentos de segurança abaixo.

1. Reflector;
2. Par de botas;
3. Capacete;
4. Apólice de seguros.



Director

Rua Amaral Matos, Maputo – Moçambique  
Tel: +258 86 3434 099 / 84 9100 067, Nui: 401487514,  
email: [solucoesaduaneiras@outlook.com](mailto:solucoesaduaneiras@outlook.com)



DEPARTAMENTO DE OPERAÇÕES  
FICHA DE REGISTO DE ESTÁGIO

NOME DO ESTAGIÁRIO: Wilson Tomás Rafael  
INSTITUIÇÃO DE PROVENIÊNCIA: Universidade Eduardo Mondlane  
TIPO DE TRABALHO DESENVOLVIDO: Projectar e dimensionar um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa soluções Aduaneiras & Logistica, Lda  
TEMPO DE ESTÁGIO: 28 de Agosto a 28 de Novembro  
HORARIO DE TRABALHO: 07:30 as 17:30

CLASSIFICAÇÃO DO ESTAGIO

EXCELENTE	BOM	SUFICIENTE	INSUFICIENTE
	X		

OBSERVAÇÃO GERAL

	EXCELENTE	BOM	SUFICIENTE	INSUFICIENTE
ASSIDUIDADE	X			
PONTUALIDADE	X			
COMPORTEAMENTO		X		
RELACIONAMENTO		X		
DEDICAÇÃO	X			
CONHEC. PRATICOS		X		
CONHEC. TEORICOS	X			

Comportamento final: **BOM**

ASSIDUIDADE

Nº TOTAL DE FALTAS	JUSTIFICADAS	INJUSTIFICADAS
	0	0

Helder Cossa

Chefe das Operações

Maputo aos 07 de Novembro 2023



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**Curso de Engenharia Eléctrica**

REFERÊNCIA DO TEMA: 2023ELTLPL32

Data: 19/09/2023

**1. TÍTULO DO TEMA**

**Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa soluções Aduaneiras & Logistica, Lda.**

**2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER**

**Introdução:**

A Soluções Aduaneiras & Logistica, Lda esta localizada na cidade de Maputo e contem uma sucursal na estancia aduaneira de Ressano Garcia, o projecto em curso visa dimensionar um sistema fotovoltaico para alimentar a mesma pois a energia solar fotovoltaica funciona por meio de placass solares que transformam a luz do sol diretamente em energia eletrica sendo este constituído por por meio de 4 componentes tais como: Painéis solares, controladores de carga, inversores e baterias, esta fonte garante energia limpa, minima manutenção ao longo do tempo, facil de instalar, barato de manter, tem uma vida util muito longa, mais de 25 anos, o unico inconveniente é não haver geração de energia no periodo da noite e em dias de pouca insolação.

**Formulação do Problema**

Um dos maiores desafios do futuro próximo é obter a quantidade de energia limpa necessária para tentar conter os efeitos do aquecimento global, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aliviar o impacto económico da subida dos preços do petróleo. A forma de resolver este problema é a utilização de recursos de energia renovavel.

### **Justificativa**

Quando há cortes de energia por parte da EDM por motivos de manutenção, acaba comprometendo o trabalho na empresa pois sem energia elétrica não há como trabalhar pois todos os equipamentos são movidos pela energia elétrica, convém a garantir funcionamento contínuo, vejo como melhor solução o uso de Sistema fotovoltaico acionados por módulos fotovoltaicos, esta é a forma de geração de energia elétrica limpa e sustentável pois para além de não comprometer a camada de ozono, apresenta alto índice de confiabilidade e com baixa necessidade de manutenção, não há custo de consumo e sua manutenção se restringe apenas à limpeza da bomba ou à troca da bateria, quando utilizada após longos períodos.

### **Objectivos**

#### **Objectivo Geral**

- ✓ Dimensionar um Sistema fotovoltaico para alimentar a carga na Empresa soluções Aduaneiras & Logística, Lda.

#### **Objectivos específicos:**

- ✓ Fazer o levantamento de carga instalada na Empresa;
- ✓ Descrever a constituição e princípio de funcionamento de um Sistema fotovoltaico;
- ✓ Dimensionar o Sistema fotovoltaico para alimentar a carga na empresa cupracitada.

### **Metodologia**

A elaboração deste relatório será com base nos seguintes critérios:

Método de abordagem: Método indutivo, Parte da observação para poder desenvolver teorias, fazer constatações e tirar conclusões

Pesquisa bibliográfica: Desta forma para Lakatos e Marconi (2003, p. 83): a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras

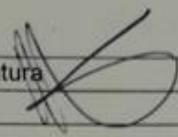
Pesquisa de campo: trata-se de um estudo mais específico, realizado no local em que o fato ou estudo está sendo realizado

Análise dos dados: Construção de explicação, Conjunto de procedimentos que permitem tirar inferências validas partindo de um texto.

### 3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

Cidade de Maputo

### 4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Mestre Fernando Chachaia, Eng	
Co-supervisor		
Da Instituição		

Maputo, aos 19 de Setembro de 2023

O estudante

Wilson Rafael  
(Wilson Tomás Rafael)

O Director do Curso

Zefanias Mabote  
(Eng°. Zefanias José Mabote)  
14.11.2023

Chefe da Comissão Científica

Jose Nelson Guambe  
(Mestre José Nelson Guambe, Eng°.)  
16/11/23

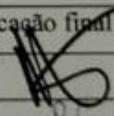
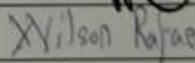
Plano de Actividades

Trabalho de Estágio Profissional

**Tema:** Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a  
Empresa soluções Aduaneiras & Logística, Lda.

**Refência:** 2023ELEPPL32

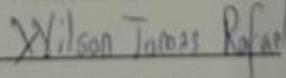
**Data:** 08/22/23

Semana	Data Prevista	Hora Prevista	Assunto
3	22/08/23	15:00	Termo de Atribuicao de Tema de Estágio Profissional
5	06/09/23	15:00	Revisão Bibliografica
8	27/09/23	14:00	Resultados, análise e discussão
10	12/10/23	12:00	Organização do Trabalho
14	09/11/23	15:00	Verificação final do relatório
Supervisor: Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>		Assinatura: 	
Estudante: Wilson Tomás Rafael		Assinatura: 	

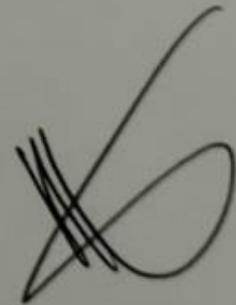
**Observações:** Este plano de actividade contém as datas previstas para a elaboração do relatório

Data 20/09/2023

Nome do Estudante



( Wilson Rafael )





FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELETRICA  
TERMO DE ENTREGA DO RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Wilson Tomás Rafael entregou no dia 15/11/2023 as 3 cópias do relatório do seu Estagio Profissional com referência: 2023ELEPPL32. Intitulado: **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa soluções Aduaneiras & Logistica, Lda.**

Maputo aos 15 de Novembro de 2023

A chefe da secretaria

Plolga Figueiredo



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**Declaração de Honra**

Eu, Wilson Tomás Rafael, declaro que este relatório de estágio Profissional nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau ou num âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

(Wilson Tomás Rafael)

08/22/2023

Data

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho a todos que influenciaram directa ou indirectamente na minha trajetória. Em especial a minha Mãe Raquel dos Santos, minha avó Laura Matica e a minha Tia Fatima dos Santos, pela crença que tiveram em mim e por sempre terem estado do meu lado diante das adversidades e pelos ensinamentos em todo o meu percurso académico.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero de forma especial endereçar o meu agradecimento em primeiro lugar a Deus que me tem dado saúde, sabedoria e força que tem me proporcionado dia pôs dia para combater as adversidades nessa etapa da minha vida.

As minhas Tias por todo esforço e por investir na minha educação. A minha família pela força e suporte durante o percurso de formação, que sempre acreditaram em mim, me incentivando em busca dos meus objectivos.

Ao Eng<sup>o</sup> Fernando Chaichaia, por ter aceite ser o meu supervisor neste trabalho e pela paciência que sempre teve.

A todos professores do DEEL que têm contribuído para a minha formação em especial do curso de Engenharia Eléctrica pelos conhecimentos científicos os quais culminaram com o grau que aqui se pretende.

Muito Obrigado a todos aqueles que me ajudaram e apoiaram de alguma forma a atingir esta meta importante.

## RESUMO

Actualmente o mundo é movido pela energia eléctrica, desta forma houve a necessidade de obtê-la por meio de fontes limpas, isto porque as fontes não limpas usadas desde os tempos remotos (a famosa revolução industrial) até então, vem proporcionando emissões de gases de efeito estufa destruindo a camada de ozono, como consequência lidamos com o aquecimento global excessivo, ciclones, danos irreparáveis a diversos ecossistemas, derretimento das calotes polares e aumento do nível do mar.

Perante esta situação o mundo tem empregado esforços no uso de fontes limpas e sustentáveis para a geração de energia eléctrica. Os sistemas fotovoltaicos surgem como alternativa para este problema, pois as mudanças climáticas sublinham a diversificação das fontes de energia, especialmente a energia renovável (solar fotovoltaica).

**Palavras Chave:** Sistema fotovoltaico, dimensionamento e instalações eléctricas.

## INDICE

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>1. Contextualização</b> .....	1
<b>1.1. Formulação do Problema</b> .....	1
<b>1.2. Justificativa</b> .....	1
<b>1.3. Objectivos</b> .....	2
<b>1.4. Objectivo Geral</b> .....	2
<b>1.5. Objectivos Especificos</b> .....	2
<b>1.6. Metodologia</b> .....	2
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>2.1. Energia Solar</b> .....	3
<b>2.2. Energia solar Fotovoltaica</b> .....	3
<b>3. Comparação entre Tecnologias</b> .....	4
<b>4. Diferença entre Módulo Monocristalino e o Policristalino</b> .....	5
<b>4.1. Módulo Monocristalino</b> .....	5
<b>4.2. Módulo policristalino</b> .....	5
<b>4.2.1. Vantagens e desvantagens do módulo monocristalino</b> .....	6
<b>Vantagens</b> .....	6
<b>Desvantagens</b> .....	6
<b>4.2.2. Vantagens e desvantagens do módulo policristalino</b> .....	6
<b>Vantagens</b> .....	6
<b>Desvantagens</b> .....	6
<b>5. Associação de Módulos</b> .....	6
<b>5.1. Associação Série</b> .....	7
<b>5.2. Associação Paralela</b> .....	7
<b>5.3. Associação Mista</b> .....	8
<b>6. Radiação Solar</b> .....	8
<b>6.1. Irradiância</b> .....	10
<b>6.2. Efeito da irradiância Solar</b> .....	10
<b>6.3. Insolação</b> .....	11
<b>6.4. Celulas Solares</b> .....	11
<b>6.4.1. Curva Caracteristica das Células Solares</b> .....	13
<b>7. ELEMENTOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO</b> .....	14
<b>7.1. Painéis solares</b> .....	15

7.2.	Reguladores de carga (Controlador de carga) .....	16
7.3.	Banco de baterias .....	17
7.3.1.	Característica ideal das baterias para trabalhar em sistema fotovoltaicos .....	18
7.4.	Inversor .....	18
8.	<b>RELAÇÃO ENTRE O SISTEMA FOTOVOLTAICO COM O MEIO AMBIENTE</b> .....	19
	Vantagens.....	20
	Desvantagens .....	20
9.	<b>MÓDULO OU GERADOR FOTOVOLTAICO</b> .....	20
10.	<b>SISTEMA DE PROTEÇÃO</b> .....	21
10.1.	Fusível .....	21
10.2.	Disjuntor .....	21
10.3.	Procedimentos de manutenção preventiva do gerador fotovoltaico.....	21
10.3.1.	Aspectos físicos .....	21
10.3.2.	Aspectos Eletricos .....	22
10.3.3.	Medição da Tensão.....	22
10.3.4.	Medição da corrente de curto circuito .....	22
10.3.5.	Manutenção de Baterias .....	22
11.	<b>DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.</b> .....	23
	Quantidade dos módulos fotovoltaicos.....	31
	Dimensionamento do inversor .....	32
	Numero maximo de Paineis em serie.....	33
13.	<b>Custos de aquisição de material</b> .....	38
13.1.	Custo da mão – de – obra .....	39
14.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	40
14. 1.	Conclusão.....	40
15.	<b>Referências Bibliograficas</b> .....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

SFBA – Sistema Fotovoltaico de Bombeamento de Água

$Qd$  – Vazão volumétrica diária

$qpc$  – Consumo medio diário

$PH$  – Potência hidráulica

$QHMC$  – Vazão volumétrica da hora de maior consumo

$Hm$  – Altura manométrica

$Pel$  – Potência eléctrica

$Pgf$  – Potência do gerador fotovoltaico

$Pn$  – Potência nominal

$Pinv$  – Potência do inversor

$UDC$  – Tensão contínua do inversor

$I_n$  – corrente nominal

$I_{sc}$  – Corrente de curto-circuito do módulo fotovoltaico

$L_c$  – comprimento do cabo

CC – corrente continua

SF – Sistema Fotovoltaico

MP – Matéria-prima

DM – Disjuntor Motor

KM - Contactor

$I_{max}$  – Corrente máxima

$P_{max}$  – Potência máxima

$FP$  – Factor de Potencia

$FS$  – Factor de serviço

$I_{arr}$  – Corrente de arranque

ID – Corrente do disjuntor

CA – corrente alternada

## LISTA DE SÍMBOLOS

$I_{\text{cabo}}$	Corrente que o cabo deverá ser capaz de transportar
$I_{\text{CC}}^{\text{PV}}$	Corrente de curto-circuito do gerador
$I_{\text{D}}$	Corrente do díodo
$I_{\text{DC}}$	Corrente DC
$I_{\text{FL}}$	Corrente nominal da fileira
$I_{\text{L}}$	Corrente gerada através do efeito fotovoltaico
$I_{\text{max}}^{\text{INV}}$	Corrente máxima DC admissível pelo inversor
$I_{\text{n}}$	Corrente nominal do fusível
$I_{\text{nAC}}$	Corrente nominal em AC
$I_{\text{nF}}$	Corrente de não fusão do fusível
$I_{\text{n}}^{\text{PV}}$	Corrente nominal do gerador
$I_{\text{ns}}$	Corrente nominal do gerador
$K$	Condutividade do material (56 para o cobre e 43 para o alumínio)
$L_{\text{cabo}}$	Comprimento do cabo
$L_{\text{cabo AC}}$	Comprimento do cabo AC
$R$	Resistência dos cabos
$T$	Temperatura em Kelvin
$U_{\text{OC}}^{\text{STC}}$	Tensão em circuito aberto do painel para às condições de referência
$U_{\text{OC}}^{\text{painel}}(-10\text{ C})$	Tensão em circuito aberto do painel para uma temperatura de $-10^{\circ}\text{C}$
$V_{\text{total}}$	Tensão total
$\eta_{\text{max}}$	Número máximo de painéis por fileira
$\eta_{\text{min}}$	Número mínimo de painéis por fileira
$\text{Cos}\phi$	Fator de potência
$I_{\text{total}}$	Corrente total

## Lista de Figuras

Figura 1 Tecnologias fotovoltaicas .....	4
Figura 3 Pannel Fotovoltaico com células de Silício Monocristalino .....	5
Figura 4 Pannel fotovoltaico com células de Silício Policristalino .....	6
Figura 5 Associacao serie de paineis .....	7
Figura 6 Associacao Paralela de paineis .....	7
Figura 7 Associacao Mista de paineis .....	8
Figura 8 Espectro da radiação solar .....	9
Figura 9 Influência da Irradiância da célula fotovoltaica na curva I-V, .....	11
Figura 10 Esquema simplificado de uma celula fotovoltaica .....	12
Figura 11 Curva caracteristica V x I Fonte .....	13
Figura 12 Curva V x P .....	13
Figura 13 Parametros de maxima potencia .....	14
Figura 14 Sistema fotovoltaico alimentado uma empresa .....	15
Figura 15 painel solar .....	16
Figura 16 Controlador de carga para sistema fotovoltaico .....	17
Figura 17 insolacao media anual para o ano 2023 .....	29

## Lista de Tabelas

Tabela 1 'Comparação de diversas células fotovoltaicas com eficiência medida em laboratório .....	4
Tabela 2 inclinação recomendada de painéis solares.....	10
Tabela 3 Inversor Growatt SPF 5000TL HVM .....	32
Tabela 4 Preço do material .....	38
Tabela 5 Custo de Manutencao.....	39
Tabela 6 Plano de manutenção do sistema fotovoltaico .....	39

# INTRODUÇÃO

## 1. Contextualização

Nos últimos anos, observa-se que o sistema elétrico em geral tem passado por diversas mudanças, decorrentes, da privatização no setor elétrico, a energia solar fotovoltaica desempenha um importante papel pois funciona por meio de placas solares que transformam a luz do sol diretamente em energia elétrica sendo este constituído por por meio de 4 componentes tais como: Painéis solares, controladores de carga, inversores e baterias, esta fonte garante energia limpa, mínima manutenção ao longo do tempo, fácil de instalar, barato de manter, tem uma vida útil muito longa, mais de 25 anos, o único inconveniente é não haver geração de energia no período da noite e em dias de pouca insolação

### 1.1. Formulação do Problema

Um dos maiores desafios do futuro próximo é obter a quantidade de energia limpa necessária para tentar conter os efeitos do aquecimento global, reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aliviar o impacto económico da subida dos preços do petróleo. A forma de resolver este problema é a utilização de recursos de energia renovável.

### 1.2. Justificativa

Quando há cortes de energia por parte da EDM por motivos de manutenção, acaba comprometendo o trabalho na empresa pois sem energia elétrica não há como trabalhar pois todos os equipamentos são movidos pela energia elétrica, convista a garantir funcionamento contínuo, vejo como melhor solução o uso de Sistema fotovoltaico acionados por módulos fotovoltaicos, esta é a forma de geração de energia elétrica limpa e sustentável pois para além de não comprometer a camada de ozono, apresenta alto índice de confiabilidade e com baixa necessidade de manutenção, não há custo de consumo e sua manutenção se restringe apenas à limpeza da bomba ou à troca da bateria, quando utilizada após longos períodos.

### **1.3. Objectivos**

#### **1.4. Objectivo Geral**

- ✓ Dimensionar um Sistema fotovoltaico para alimentar a carga da Empresa soluções Aduaneiras & Logistica, Lda.

#### **1.5. Objectivos Especificos**

- ✓ Descrever a constituição e principio de funcionamento de um Sistema fotovoltaico;
- ✓ Fazer o levantamento de carga instalada na Empresa;
- ✓ Dimensionar o Sistema fotovoltaico para alimentar a carga na empresa cupracitada.

#### **1.6. Metodologia**

Na elaboração do presente trabalho, recorreu-se a consultas em diferentes bibliografias com base nos seguintes critérios: Método de abordagem:

Método indutivo, Parte da observação para poder desenvolver teorias, fazer constatações e tirar conclusões.

Procedimento Técnico: Pesquisa bibliográfica, baseia-se em reunir Informações e dados que servirão como base para construção de investigações.

Técnicas de coletas de dados: Entrevista, consiste em coletar dados de forma direta com o grupo estudado, de maneira metódica.

Pesquisa de campo: trata-se de um estudo mais específico, realizado no local em que o fato ou estudo está sendo realizado.

Análise dos dados: Construção de explicação, Conjunto de procedimentos que permitem tirar inferências validas partindo de um texto.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Energia Solar

A energia proveniente do sol é tão elevada que é emitida para os planetas do sistema solar através de ondas de radiação, as quais emitem energia térmica e luminosa, e quanto mais próximo o planeta estiver do sol mais energia receberá (HELEBROCK, 2019). Existem diversas maneiras de se converter a energia solar e uma delas é através do efeito fotovoltaico que ocorre em dispositivos que são chamados de células fotovoltaicas.

### 2.2. Energia solar Fotovoltaica

É a designação que se dá ao processo de conversão de energia solar em energia elétrica, feita através de células solares integradas em módulos ou painéis fotovoltaicos. Em Moçambique a disponibilidade da energia solar abrange todo território nacional.

As principais tecnologias aplicadas na produção de células e módulos fotovoltaicos são classificadas em três gerações:

- ✓ **A primeira geração** feitos à base de silício monocristalino, amorfo ou policristalino, estes representam mais de 80 % do mercado por ser considerada uma tecnologia consolidada e confiável, e por possuir a melhor eficiência comercialmente disponível no mercado.
- ✓ **A segunda geração**, comercialmente denominada de filmes finos, é dividida em três cadeias produtivas: silício amorfo (a-Si), disseleneto de cobre e índio (CIS) ou disseleneto de cobre, índio e gálio (CIGS) e telureto de cádmio (CdTe). Esta geração apresenta menor eficiência do que a primeira e tem uma modesta participação do mercado, competindo com a tecnologia c-Si. Existem dificuldades associadas a disponibilidade do material, vida útil, rendimento das células e, no caso do cádmio, sua toxicidade, que retardam a sua utilização em maior escala.
- ✓ **A terceira geração**, ainda em fase de pesquisa e Desenvolvimento (P&D), testes e produção em pequena escala, é dividido em três cadeias produtivas: células fotovoltaicas multijunção e células fotovoltaicas para concentração (CPV-Concentrated Photovoltaics), células sensibilizadas por corante (DSSC-Dye-Sensitized Solar Cell) e células orgânicas ou poliméricas (OPV-Organic Photovoltaics). A tecnologia CPV, por exemplo, demonstrou ter um potencial para produção de modelos com altas eficiências, embora o seu custo ainda não seja competitivo com as tecnologias que actualmente dominam o mercado.

Na Figura pode-se observar o aspecto do painel fotovoltaico das tecnologias existentes da primeira e segunda geração.

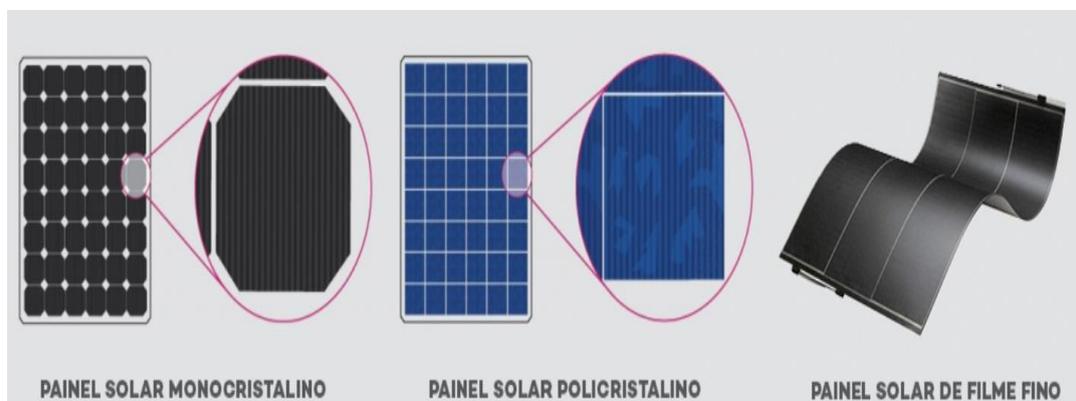


Figura 1 Tecnologias fotovoltaicas

Fonte: Adaptado de [www.exsolar.co.za](http://www.exsolar.co.za)

### 3. Comparação entre Tecnologias

Os diferentes materiais e processos produtivos, levam à obtenção de módulos fotovoltaicos com eficiências variadas. As células com maior eficiência, tem um custo mais elevado, por serem produzidas com materiais mais nobres e conseqüentemente necessitam de uma área menor para a produção de energia se comparado a módulos de menor valor, como os de filme fino (VILLALVA, 2015). A Tabela 1, contém as informações de produtividade de alguns tipos de painéis.

Fontes: Green et al. (2017), Wild-Scholten, (2013), Jordan et al. (2013) e Mohr, (2007)

Tabela 1 'Comparação de diversas células fotovoltaicas com eficiência medida em laboratório

<b>MATERIAL DA CÉLULA</b>	<b>EFICIÊNCIA EM LABORATÓRIO (%)</b>
Silício Monocristalino	26.7 ± 0.5
Silício Policristalino	22.3 ± 0.4
Silício Amorfo	10.2 ± 0.3
CdTe (Telureto de Cádmio)	21.0 ± 0.4
CIGS(Cobre-Índio-Galio-Selênio)	22.9 ± 0.5
Célula Orgânica	11.2 ± 0.3

## 4. Diferença entre Módulo Monocristalino e o Policristalino

### 4.1. Módulo Monocristalino

O silício monocristalino e o silício policristalino são as tecnologias mais usadas no mercado fotovoltaico.

Silício Monocristalino (Mono/c-Si) São obtidas através do corte das barras de silício monocristalino em forma de pastilhas finas que ficam entre 0,4 e 0,5 mm<sup>2</sup> de espessura. Os módulos apresentam uma cor mais escura devido ao silício de alta pureza



Figura 2 Painel Fotovoltaico com células de Silício Monocristalino

Fonte: Eunice, 2021

### 4.2. Módulo policristalino

Os primeiros painéis solares à base de silício policristalino, também conhecido como polisilício (p-Si) e silício multicristalino (mc-Si), foram introduzidos no mercado em 1981. Este tipo de painel é produzido através da fusão de silício bruto, com um nível de pureza mais baixo. É um processo mais simples e do que o utilizado nos painéis monocristalinos. O preço final é mais baixo, contudo com menor eficiência por área (entre 14 e 20%), e menor tempo de vida útil, uma vez que são afetados consideravelmente pelas temperaturas mais altas.



Figura 3 Painel fotovoltaico com células de Silício Policristalino

Fonte Eunice, 2021

#### 4.2.1. Vantagens e desvantagens do módulo monocristalino

##### **Vantagens**

- ✓ Ocupam menos espaço, por possuírem uma eficiência maior;
- ✓ Vida útil maior que 30 anos, geralmente possuem garantia de 25 anos;
- ✓ Em condições de pouca luz, ou incidência de sombras, se comportam melhor do que os policristalino.

##### **Desvantagens**

- ✓ Os módulo monocristalino São mais caros quando comparados com os policristalinos.

#### 4.2.2. Vantagens e desvantagens do módulo policristalino

##### **Vantagens**

- ✓ Custo mais barato em comparação aos módulos monocristalinos;

##### **Desvantagens**

- ✓ Eficiência menor que os módulos monocristalinos;
- ✓ Necessita de um espaço maior para gerar a mesma quantidade de energia que um módulo monocristalino.

### 5. Associação de Módulos

Módulos fotovoltaicos podem ser conectados em série, paralelo ou ambos para aumentar a tensão ou corrente de saída. Isso permite aumentar a potência de saída.

## 5.1. Associação Série

Na conexão em série, o terminal negativo de um módulo é conectado ao terminal positivo do próximo módulo. Nas conexões em série, a tensão aumenta e a corrente permanece constante (Khamisani, 2010).

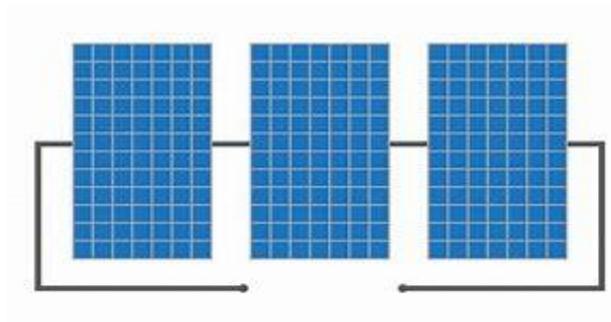


Figura 4 Associação serie de paineis

**Fonte** (energias madeira.pt)

$$U_{total} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

$$I_{total} = I_1 = I_2 = \dots = I_n.$$

## 5.2. Associação Paralela

O inverso acontece quando os módulos são conectados em paralelo. Em conexão paralela, a corrente aumenta e a tensão permanece constante.

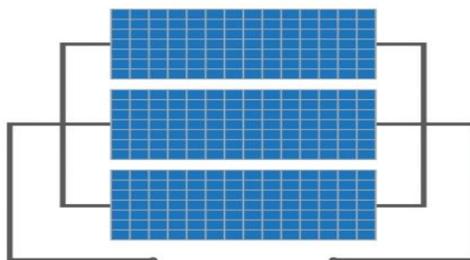


Figura 5 Associação Paralela de paineis

**Fonte** (energiasmadeira.pt)

$$I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$U_{total} = U_1 = U_2 = \dots = U_n.$$

### 5.3. Associação Mista

A associação mista dos painéis, refere-se a ligação série e paralelos juntos. Neste tipo de associação é comum várias fileiras de módulos ligadas em paralelo utilizando as características de série e paralelo. Os módulos em um painel fotovoltaico geralmente são conectados em série para obter a tensão desejada; as fileiras individuais são então conectadas em paralelo para permitir que o sistema produza mais corrente (Khamisani, 2010).

Considerando todos os módulos com características iguais, é possível realizar o cálculo da corrente total bem como da tensão total, através da resolução de um circuito misto, conforme exemplificado abaixo. A associação mista dos painéis solares é normalmente medida pela energia elétrica que produzem, em watts, quilowatts ou mesmo megawatts. O Objectivo desta associação é de modo a atender aos requisitos necessários dentro de uma instalação.

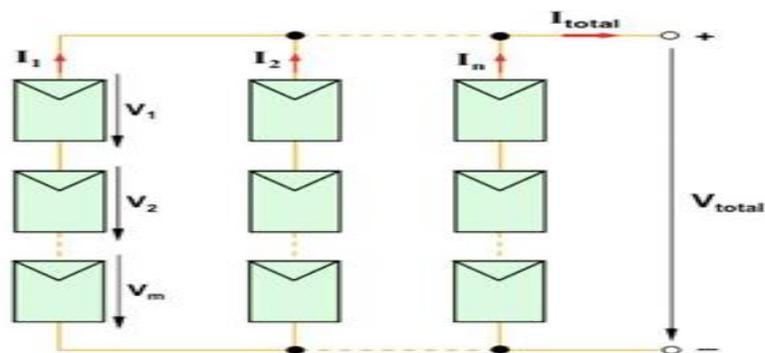


Figura 6 Associação Mista de paineis

Fonte (CARNEIRO, 2010)

#### Corrente total

$$I_{total} = \text{número de fileiras} \times I$$

#### Tensão total

$$V_{total} = \text{número de associações serie} \times V$$

### 6. Radiação Solar.

A energia proveniente do sol é em forma de radiação, ou seja, ondas eletromagnéticas. O sol é responsável por praticamente quase toda energia recebida pela terra diariamente, a densidade média do fluxo energético proveniente da radiação solar é designada de constante solar média e é cerca de 1 367 W/m<sup>2</sup> quando medida num plano perpendicular à direção da propagação dos raios solares no topo da atmosfera terrestre. O valor da radiação solar depende de alguns fatores tais como condições climáticas e atmosféricas, desta forma apenas uma parte da radiação atinge a superfície da terra como consequência da reflexão e absorção dos raios solares pela

atmosfera. O espectro da radiação solar está compreendido entre 100 nm e 1 mm, compreendendo a radiação visível, ultravioleta e infravermelha (Eunice, 2021).

A radiação solar é recebida na superfície da Terra em sua grande parte (43%) na região visível da radiação eletromagnética, possuindo parcelas ultravioleta e infravermelha, onde cada comprimento de onda corresponde a uma frequência e a uma energia. Quanto menor o comprimento de onda, maior é o índice de frequência e da energia, a equação 1.1, relaciona a frequência, o comprimento de onda e a velocidade da onda eletromagnética.

$$c = \lambda \times f \tag{1.1}$$

**Onde,**

$c$  = Velocidade da luz no vácuo (aproximadamente 300.000km/s);

$\lambda$  = É o comprimento da onda [m];

$f$  = É a frequência da onda [Hz].

Uma pequena parcela do espectro de radiação solar é em forma de luz visível, outras faixas são de raios infravermelhos e ultravioletas, conforme ilustra a Figura 2.

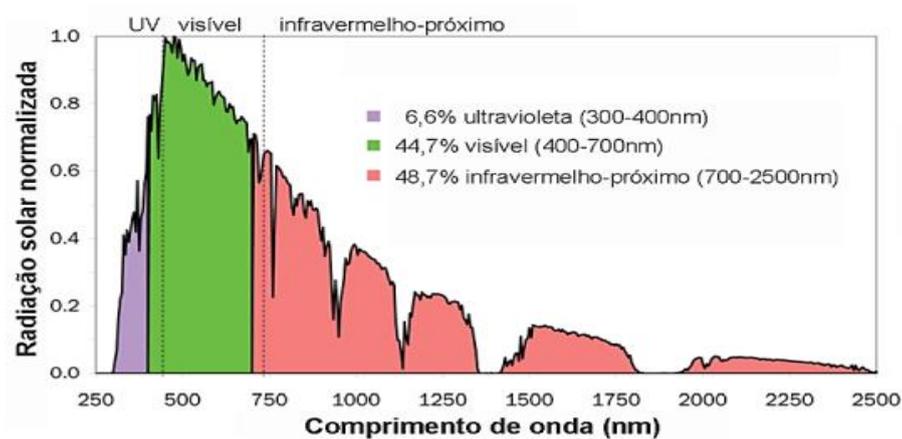


Figura 7 Espectro da radiação solar

**Fonte:** (SOUZA et al., 2017)

Segundo Solarterra (s.d), para que os painéis solares consigam um maior aproveitamento da radiação solar incidente, eles devem estar com a sua parte frontal direcionada para o norte geográfico, e deverão estar

inclinados em relação ao plano horizontal em um ângulo que varia de acordo com a latitude do ponto de instalação. A tabela abaixo indica a inclinação recomendada

**Fonte:** Solarterra.com

Tabela 2 inclinação recomendada de painéis solares

<b>Latitude [graus]</b>	<b>Inclinação [graus]</b>
0 - 4	10
5 - 20	Latitude + 5
21 - 45	Latitude + 10
46 - 65	Latitude + 15
65 - 75	80

### 6.1. Irradiância

Uma grandeza empregada para quantificar a radiação solar é a irradiância, geralmente chamada também de irradiação, expressa na unidade de  $Wm^2$  (watt por metro quadrado). Trata-se de uma unidade de potência por área. Como se sabe, a potência é uma grandeza física que expressa a energia transportada durante um certo intervalo de tempo, ou a taxa de variação da energia com o tempo. Quanto maior a potencia da radiação solar, mais energia ela transporta em determinado intervalo de tempo [Marcelo e Jonas 2012].

### 6.2. Efeito da irradiância Solar

A Figura 3 mostra como a irradiância solar incidente afeta a curva I-V (**corrente x tensão**) de uma célula fotovoltaica de silício, mantida a temperatura de 25° C. A corrente elétrica gerada por uma célula fotovoltaica aumenta linearmente com o aumento da irradiância solar incidente, enquanto a tensão de circuito aberto ( $V_{oc}$ ) aumenta de forma logarítmica, se mantida a mesma temperatura (PINHO e GALDINO, 2014).

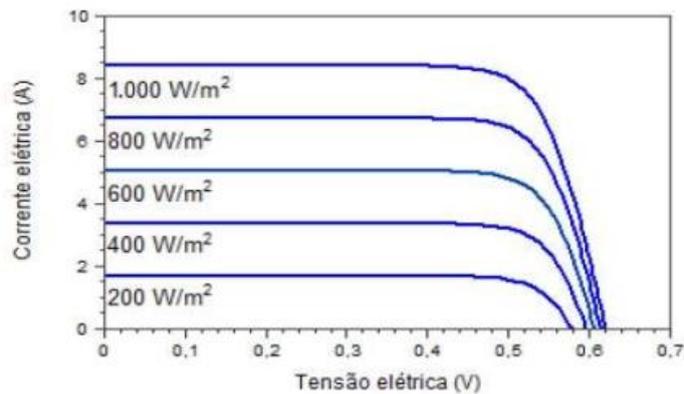


Figura 8 Influência da Irradiância da célula fotovoltaica na curva I-V,

**Fonte:** Pinho e Galdino (2014)

Um módulo fotovoltaico converte de 4 à 17% da radiação solar em eletricidade, dependendo do tipo de tecnologia fotovoltaica e das condições de trabalho. Em outras palavras, mais de 30% da energia depositada sobre o painel solar é convertida em calor (GHENSEV, 2006). Isso pode levar o painel fotovoltaico a operar em temperaturas elevadas e podem ocorrer duas consequências indesejáveis: queda da eficiência da célula e dano estrutural permanente do módulo se houver estresse térmico contínuo.

### 6.3. Insolação

Segundo Marcelo e Jonas (2012) a insolação é a grandeza utilizada para expressar a energia solar que incide sobre determinada área de superfície plana ao longo de um determinado intervalo de tempo. Sua unidade é Whm<sup>2</sup>/(watt-hora por metro quadrado). A medida de insolação em Whm<sup>2</sup> é muito útil para fazer dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos.

### 6.4. Células Solares

Uma Célula Solar também pode ser chamada de Célula Fotovoltaica, é um dispositivo capaz de transformar a energia proveniente do sol ou de outras fontes de luz em energia elétrica. Esta pode funcionar como gerador de energia elétrica a partir da luz. Geralmente são compostas por materiais semicondutores.

Os semicondutores são materiais que possuem um nível de condutividade entre os extremos de um isolante e um condutor. As suas propriedades elétricas são afetadas por variação da temperatura, exposição a luz e acréscimo de impurezas. Ao incorporar uma pequena quantidade de impurezas as suas propriedades elétricas alteram-se significativamente. Foi observada pela primeira vez em 1839 por Edmund Becquerel que produziu corrente elétrica expondo dois eletrodos a luz. Em 1877 foi construída a primeira célula fotovoltaica sendo que esta apresenta um rendimento baixíssimo e conseqüentemente não houve desenvolvimento da mesma.

Somente em 1954 foi publicado o primeiro artigo sobre células fotovoltaicas de Silício que apresentavam um rendimento de aproximadamente 4,5%. O rendimento de uma célula fotovoltaica é definido como a razão entre a potência da luz incidente e a potência eléctrica disponível nos terminais. A produção industrial das células iniciou-se em 1956. Para células de Silício, o valor máximo obtido é de aproximadamente 24,4%.

O Silício, que é utilizado na construção das células fotovoltaicas, é um material semiconductor e não possui uma condutividade eléctrica muito elevada. Para contornar esta situação utiliza-se um processo chamado **dopagem**, onde outros elementos são misturados ao cristal de Silício. No caso das células fotovoltaicas, o Silício passa por dois processos de dopagem: um com Fosforo (Silício tipo N) e outro com Boro (Silício tipo P).

Cada uma das células apresenta uma fina camada de material tipo N e outra de material tipo P, como pode ver na figura abaixo.

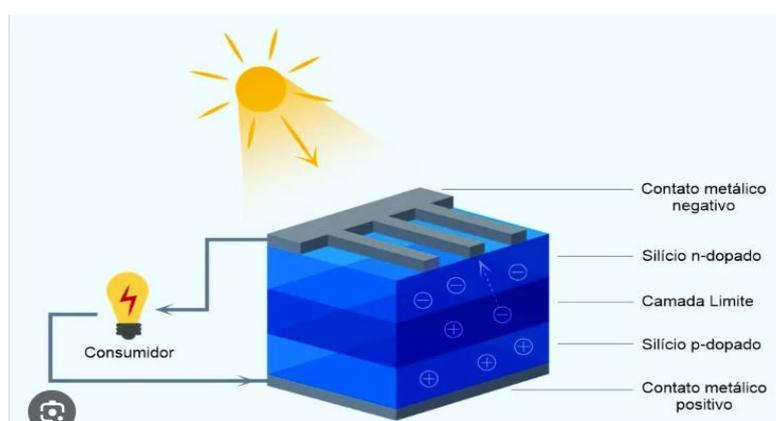


Figura 9 Esquema simplificado de uma célula fotovoltaica

Fonte Eunice 2021

Quando há incidência de luz sobre a célula fotovoltaica, há formação de um campo eléctrico entre as camadas P e N e os eléctrons são orientados a fluírem da camada P para a camada N. É importante frisar que separadamente as camadas são electricamente neutras.

Cada célula com cerca de  $100 \text{ mm}^2$  gera em seus terminais uma tensão entre 0,5 e 1 V. Como o valor é muito baixo, as células são montadas em serie para alcançar tensões de ordem de 12 V em corrente continua. Estes módulos podem ser utilizados individualmente, em serie e/ou em paralelo dependendo das aplicações dos mesmos.

### 6.4.1. Curva Característica das Células Solares

A curva Tensão-corrente ( $V \times I$ ) é a curva característica de uma célula solar que é a representação típica da característica de saída de um dispositivo fotovoltaico. A corrente de saída mantém-se constante dentro da amplitude de funcionamento.

A curva Tensão-potência ( $V \times P$ ) opera a uma corrente e tensão determinadas pela radiação solar, pela temperatura ambiente, e pelas características da carga conectada.

As curvas características  $V \times I$ ,  $V \times P$  e os parâmetros de máxima potência de uma célula de silício para um certo valor de radiação podem ser observadas nas figuras abaixo

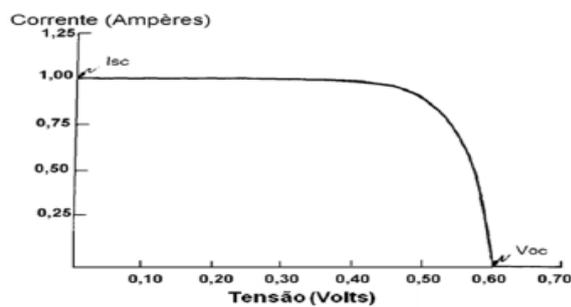


Figura 10 Curva característica  $V \times I$  Fonte

**Fonte:** Adaptado do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, CEPEI

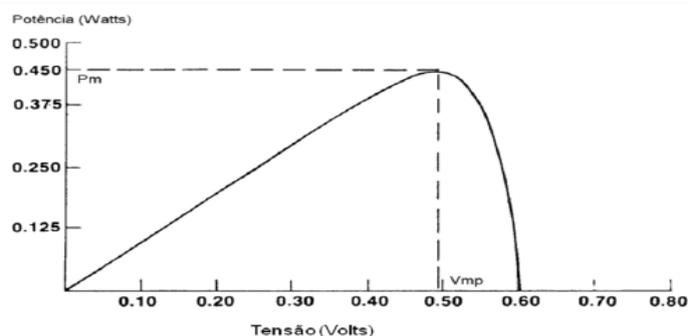


Figura 11 Curva  $V \times P$

**Fonte:** Adaptado do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, CEPEI

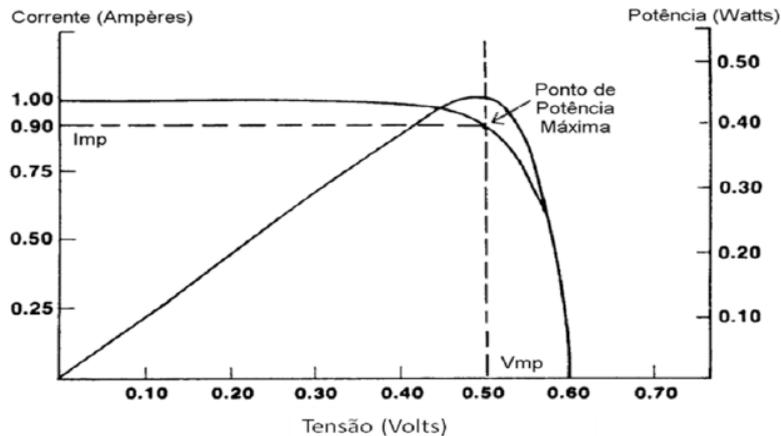


Figura 12 Parametros de maxima potencia

**Fonte:** Adaptado do Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos, CEPEI

Das figuras mostradas acima, temos que: **Isc**- corresponde a corrente de curto-circuito da célula, **Voc** é a tensão de curto-circuito aberto, **Pm** é a potência máxima, **Vmp** é a tensão de máxima potencia e **Imp** é a corrente de máxima potência. De acordo com a **figura 4**, o ponto de máxima potência é aquele para o qual a máxima potencia e extraída do painel fotovoltaico e se localiza no "joelho" da curva **VxI**. Logo, para esse ponto da curva apresentada, o produto da tensão pela corrente, apresenta o seu maior valor.

## 7. ELEMENTOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os elementos que constituem um Sistema fotovoltaico são:

- ✓ Painéis solares (tambem é chamados de modulos fotovoltaicos)
- ✓ Reguladores de carga;
- ✓ Conjunto de baterias (também chamados de banco de baterias);
- ✓ Inversores de corrente continua para corrente alternada;

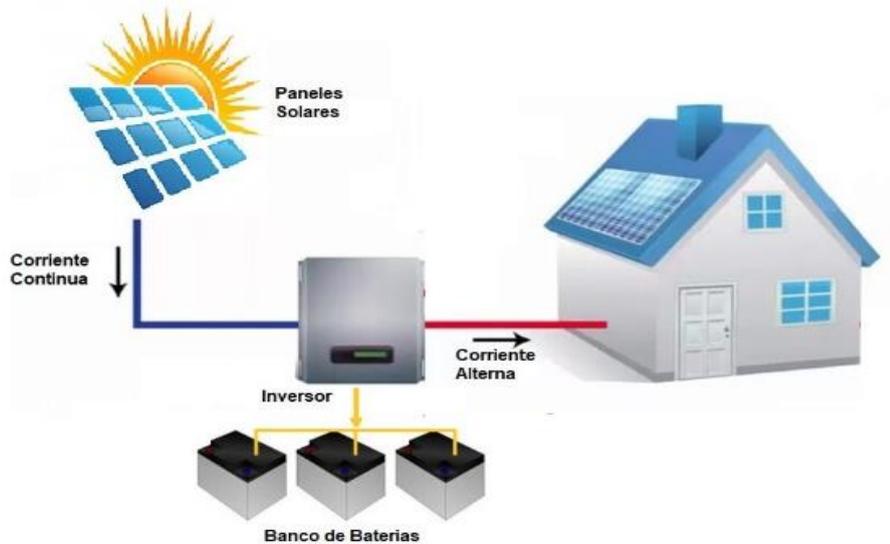


Figura 13 Sistema fotovoltaico alimentado uma empresa

fonte, [google.com/energiasolar](http://google.com/energiasolar)

### 7.1. Painéis solares

Um Painel solar é constituído por um conjunto de células, cuja função é de converter directamente a energia solar em eletricidade. Uma célula individual, unidade de base dum Sistema fotovoltaico, produz apenas uma reduzida potencia elétrica, o que tipicamente varia entre 1 a 3 W, com uma tensão menor que 1 Volt. Para disponibilizar potencias mais elevadas, as células são integradas, formando um módulo. A maioria dos módulos comercializados é compost por 36 células de silício cristalino, ligadas em série, para aplicações de 12 V. Quanto maior for o modulo, maior sera a potencia e/ou a corrente disponível.

Os painéis ou módulos fotovoltaicos são formados por um agrupamento de células conectadas electricamente. Uma célula fotovoltaica consegue fornecer uma tensão eléctrica de até aproximadamente 0,6 V. Para produzir módulos com tensões de saídas maiores, os fabricantes conectam varias células em série. Tipicamente um módulo tem 36, 54 ou 60 células, dependendo de sua classe de potência. [Marcelo e Jonas 2012].

De acordo com Marcelo e Jonas (2012) corrente eléctrica produzida por uma célula depende da sua área, pois a corrente eléctrica depende directamente da quantidade de luz recebida da célula. Quanto maior a área, maior a captação de luz e maior a corrente fornecida. Geralmente os módulos cristalinos comerciais fornecem em torno de 8 A de corrente eléctrica e os módulos de filmes finos normalmente apresentam correntes menores, em torno de 2 A.



Figura 14 painel solar

Fonte Eunice 2021

## 7.2. Reguladores de carga (Controlador de carga)

Os Controladores de carga são incluídos na maioria dos SFI com o objectivo de proteger a bateria (ou banco de baterias) contra cargas e descargas excessivas, aumentando a sua vida útil [João e Marco 2014]. Portanto devem desconectar o gerador fotovoltaico quando a bateria atingir carga plena e interromper o fornecimento de energia quando o estado de bateria atingir um nível mínimo de segurança. A figura abaixo mostra um controlador de carga empregado em sistema fotovoltaico com bateria.



Figura 15 Controlador de carga para sistema fotovoltaico

**Fonte:** Adaptado do Marcelo e Jonas [2012]

### 7.3. Banco de baterias

Um Banco de baterias é constituído por uma quantidade calculada de elementos conectados em serie e/ou paralelo, que fornecerão a potencia demandada pelas cargas, no periodo de autonomia em que devem funcionar sem receber recarga do arranjo fotovoltaico nos dias sem insolação.



Figura 1 - banco de baterias

**Fonte** (Solarterra, 2014)

### 7.3.1. Característica ideal das baterias para trabalhar em sistema fotovoltaicos

A operação de uma bateria, usada em um sistema solar fotovoltaico, deve atender a dois tipos de ciclos:

- ✓ Ciclos rasos a cada dia;
- ✓ Ciclos profundos por vários dias (tempo nublado) ou semanas (durante o inverno).

As seguintes características devem ser observadas para que as baterias tenham um bom desempenho quando instaladas em um sistema solar fotovoltaico:

- ✓ Elevada vida cíclica para descargas profundas;
- ✓ Necessidade de pouca ou nenhuma manutenção;
- ✓ Elevada eficiência de carregamento;
- ✓ Capacidade de permanecer completamente descarregada;
- ✓ Baixa taxa de auto-descarga;
- ✓ Confiabilidade;
- ✓ Mínima mudança de desempenho, quando trabalhando fora da faixa de temperatura e operação;

Outros fatores que também devem ser considerados, no momento de escolher a bateria adequada para esta aplicação:

- ✓ Disponibilidade dos fornecedores;
- ✓ Custo da capacidade útil para um ciclo;
- ✓ Custo da capacidade útil para um ciclo de vida;
- ✓ Necessidade de manutenção durante o armazenamento;
- ✓ Densidade de energia;
- ✓ Disponibilidade e custos de unidade de controle, se necessário.

### 7.4. Inversor

O inversor encarrega-se de converter a corrente contínua da instalação em corrente alternada, igual a utilizada na rede elétrica: 220 V de valor eficaz e frequência de 50 Hz. É o elemento imprescindível em instalações conectadas a rede, e esta presente na maioria das instalações autônomas.

Características desejáveis para um inversor DC – AC são:

- ✓ Alta eficiência;
- ✓ Deve funcionar bem para uma ampla gama de potência;
- ✓ Baixo consumo em vazio;
- ✓ Alta fiabilidade:
- ✓ Resistência aos picos de arranque;
- ✓ Protecção contra curto-circuitos;
- ✓ Segurança;
- ✓ Boa regulação de tensão e frequência de saída, visto que em alguns casos devem ser compatíveis com a rede elétrica.



Figura 2 - Inversor solar Fotovoltaico

Fonte (Solarterra, 2014)

## 8. RELAÇÃO ENTRE O SISTEMA FOTOVOLTAICO COM O MEIO AMBIENTE

A energia solar soma características vantajosamente positivas para o Sistema ambiental, pois o sol, trabalhando como um imenso reator a fusão, irradia na terra todos os dias um potencial energético extremamente elevado e incomparável a qualquer outro Sistema de energia, sendo a fonte básica e indispensável para praticamente todas as fontes energéticas utilizadas pelo Homem. A energia solar é importante na preservação do meio ambiente, pois tem muitas vantagens sobre as outras formas de obtenção de energia.

## **Vantagens**

- ✓ Não é poluente;
- ✓ Não influir no efeito estufa;
- ✓ Não precisa de turbinas ou geradores para produção de energia elétrica.

## **Desvantagens**

- ✓ Exigência de altos investimentos para o seu aproveitamento.

## **9. MÓDULO OU GERADOR FOTOVOLTAICO**

Módulo fotovoltaico é uma unidade básica, formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas electricamente e encapsuladas, com o objectivo de gerar energia eléctrica, e se constituí na unidade comercial do gerador fotovoltaico. Os módulos podem ser ligados entre si em paralelo ou em série, dependendo da sua aplicação. Quando temos uma ligação série, as tensões são somadas e a corrente permanece constante. Quando temos uma ligação em paralelo, as tensões nas células são iguais e as correntes são somadas.

Para o correcto dimensionamento dos módulos, é necessário que se conheça o comportamento de carga bem como o seu ciclo de utilização. Deve-se levar em consideração alguns factores que influenciam na potência de saída dos painéis, tais como:

- ✓ Sombreamento devido a projecção do que se encontra ao redor;
- ✓ Intensidade luminosa;
- ✓ Inclinação;
- ✓ Temperatura das células;
- ✓ Nebulosidade.

Um dado de extrema importancia é o numero de horas de Sol pleno, que corresponde ao numero equivalente de horas com radiação constante e igual a  $1Kwm^2$  , de forma que a energia total diaria acumulada seja mantida.

## 10. SISTEMA DE PROTEÇÃO

Como qualquer outra instalação eléctrica as instalações eléctricas de sistemas FV deverão integrar dispositivos que assegurem a protecção das instalações e a protecção de pessoas. O projectista e instalador de sistemas FV deverá ter em conta os potenciais riscos, tomando medidas de protecção para os evitar ou para minimizar os seus efeitos durante e após a instalação. (Voltimum, 2023).

### 10.1. Fusível

Protege a série do fluxo de corrente reversa de um conjunto série com tensão maior para um com tensão menor, e seu dimensionamento deve ser feito para correntes menores que a corrente reversa suportável pelo módulo. Geralmente, são feitos com um fio de chumbo que rompe-se ao atingir o limite de intensidade da corrente eléctrica definida, interrompendo a passagem da corrente que possivelmente danificaria todo o circuito.

### 10.2. Disjuntor

Um interruptor de desarme automático quando o mesmo identifica um curto-circuito ou uma sobrecarga, protegendo todos os elementos que compoñham esse circuito, após sanado a falha disjuntor pode ser rearmado (Vaz, 2017).

### 10.3. Procedimentos de manutenção preventiva do gerador fotovoltaico

#### 10.3.1. Aspectos físicos

Deve ser feito a inspeção visual por forma a verificar as condições físicas de cada módulo fotovoltaico, se certificando que a superfície frontal está íntegra e limpa, ver se as células não apresentam sinais de rachadura e descoloração, observar se a estrutura de fixação dos painéis está fixa sem ponto de corrosão e devidamente aterrados. Deve se também observar se a sombreamentos causados pelas árvores. Caso haja necessidade de limpeza deverá ser feita por águaimpa e evitar que o vidro seja arranhado por qualquer partícula, o uso de sabão joias não é recomendável no momento de limpeza. Se os painéis forem instalados em ambientes poeirentos devem ser limpados com frequência e o indevido que estiver a fazer as limpezas evitar se apoiar se no painel para não quebrar. A melhor hora do dia para limpar os painéis solares deve ser em um dia nublado, no início da manhã ou à noite. Se o sol estiver forte, a superfície das placas estará muito quente e, ao contato com a água fria, pode sofrer danos por choque térmico.

O amanhecer pode ser um momento particularmente bom para a manutenção: a cacimba durante a noite provavelmente terá amolecido a sujeira, assim facilitando o processo de limpeza. Desta forma será preciso usar menos água e menos energia para limpar os painéis solares.

### 10.3.2. Aspectos Elétricos

Estes aspetos recomendam se apenas pessoal especializado para a sua efetivação. A avaliação do desempenho do gerador fotovoltaico é feita mediante a medição de tensão do circuito aberto ( $V_{oc}$ ) e corrente do curto-circuito ( $I_{cc}$ ).

### 10.3.3. Medição da Tensão

Desconecta se o gerador do sistema e com recurso a um voltímetro mede se a tensão e para sistemas com mais de ma fileira, a tensão devera ser medida em cada fileira. Se numa dada fileira na medição não se encontrou o valor esperado deverá se proceder a medição de tensão de cada módulo dessa fileira até que se consiga identificar o problema, podendo ser problemas com as conexões, sombreamento, ponto quente numa célula ou algum outro tipo de problemas. Não deve se associar em paralelo series com níveis de tensão diferentes porque se assim acontecer, a serie de menor tensão estará funcionando como carga e caso a corrente reversa resultante desse mau funcionamento seja maior que a máxima permitida pelo painel e a proteção falhar os painéis dessa serie ficaram danificados.

### 10.3.4. Medição da corrente de curto circuito

Na medição da corrente de curto-circuito, se recomenda a prestar muita atenção para evitar que curto-circuitar o banco de baterias. E esta medição pode ser feita por meio de um amperímetro. Caso não se encontre o valor de curto-circuito esperado, para um sistema de mais de uma serie, deverá se proceder a medição por cada serie e caso o problema prevaleça deverá ser medida a corrente de curto-circuito de cada módulo ate chegar se a origem do defeito.

### 10.3.5. Manutenção de Baterias

No sistema fotovoltaico deve se prestar maior atenção ao banco de baterias visto que a sua vida útil é reactivamente baixa mas sendo o elemento que exige maior investimento nos componentes do sistema fotovoltaico. As baterias que merecem cuidado especial são as que necessitam de reposição de água, para estas baterias deve se verificar periodicamente o nível e a densidade do eletrólito a fim de evitar danos precoces e consequente redução de vida útil. Os fatores que tem influenciado para baixo nível e alteração da densidade do eletrólito são:

Condições climáticas: em lugares mais quentes a maior perda de água;

Profundidade de descarga: quanto maior for a profundidade de descarga maior é a perda de agua do eletrólito.

Células em curto também aceleram a evaporação da água do eletrólito.

A manutenção dos bancos de baterias inclui limpeza, aperto de conectores, adição de água e verificação das condições do desempenho.

Deve se observar cuidadosamente o invólucro de cada bateria em relação a rachaduras e deformações e de imediato substituir se as baterias nessas condições.

Deve se observar o derramamento de eletrólito visto que pode ser indício de borbulhamento excessivo que é sinal de sobrecarga.

## 11. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.

### 11.1. Dimensionamento da potência mínima dos Painéis fotovoltaicos

Para iniciar o dimensionamento elétrico em questão é necessário conhecer as características da carga a alimentar, respectivamente: a tensão de alimentação, a potência absorvida.

Desta maneira, a potência mínima para a geração, corrigida com os fatores de eficiência dos componentes, é:

$$P = [( C / R ) / ( Enc * Enb * Eni ) ] \quad \text{Equação 1}$$

Sendo:

P - Potência mínima da geração / dos painéis solares

C - Consumo diário

R - Radiação média diária anual

Enc - Eficiência do cabeamento

Enb - Eficiência do Banco de Baterias

Eni - Eficiência do Inversor

### 11.2. Número máximo de painéis

Sabendo que a tensão nos terminais do painel deve ser menor que a tensão CC máxima admissível pelo inversor, O número máximo de painéis que podem ser ligados em série pode ser dado pela seguinte equação.

$$\eta_{\max} = \frac{U_{\text{MAX}}^{\text{INV}}}{U_{\text{oc}(-10)}^{\text{Painel}}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

$\eta_{\max}$  Representa o número máximo de painéis;

$U_{\text{MAX}}^{\text{INV}}$  Tensão máxima admissível pelo inversor;

$U_{oc(-10)}^{Painel}$  Tensão a -10°C no painel.

No caso de  $U_{oc(-10)}^{Painel}$  Não for dado pelo fabricante para painéis de silício mono ou policristalino pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$U_{oc(-10^\circ C)}^{Painel} = 1,14 \times U_{OC}^{STC} \quad \text{Equação 2.1}$$

### 11.3. Número mínimo de painéis por fileira

Este calculo ee pertinente visto que nos dias de maiores temperatura a tensão nos terminais do gerador tende a diminuir, desta forma devemos salvaguardar que, a tensão de funcionamento do gerador fotovoltaico não seja menor que a tensão mínima MPP do inversor, caso contrário pode haver um corte no inversor. Dado pela seguinte expressao:

$$\eta_{min} = \frac{U_{MPPmin}^{INV}}{U_{oc(70^\circ C)}^{Painel}} \quad \text{Equação 2.2}$$

Onde:

$\eta_{min}$  Número mínimo de painéis

$U_{MPPmin}^{INV}$  Tensão mínima de MPP do inversor

$U_{oc(70^\circ C)}^{Painel}$  Tensão MPP a 70°C no painel.

A tensão do painel a 70°C caso não seja fornecido, tratando-se de um painel de silício mono ou policristalino pode se calcular pela seguinte expressão;

$$U_{oc(70^\circ C)}^{Painel} = 0,82 \times U_{MPP}^{Painel} (STC) \quad \text{Equação 2.3}$$

### 11.4. Número máximo de fileiras

Em momento algum a corrente máxima do inversor deve ser excedida, a corrente máxima do inversor restringe o número de fileiras que podem ser ligadas em simultâneo. Podendo ser dada pela seguinte expressão:

$$N_{fil.max} \leq \frac{I_{inv.max}}{I_{n.fil}} \quad \text{Equação 2.4}$$

Onde  $N_{fil.max}$  Representa o número máximo de fileiras,  $I_{inv.max}$  Corrente máxima DC admissível pelo inversor,  $I_{n.fil}$  Corrente nominal de cada fileira.

### 11.5. Dimensionamento do regulador de carga

O tipo de regulador em questão será o MPPT por se ajustar melhor a sistemas fotovoltaicos insolados possibilitando uma potência máxima de saída. A tensão do regulador deve ser igual ou superior a tensão de saída dos painéis fotovoltaicos assim como também deve ser compatível com a carga a ser alimentada. O cálculo da corrente mínima do regulador pode ser dado pela seguinte expressão:

$$I_{min} = 1,25 \times I_{ccPV} \quad \text{Equação 2.5}$$

Onde **I<sub>ccPV</sub>** Representa a corrente de curto-circuito do painel fotovoltaico

### 11.6. Interruptor principal DC

A função do interruptor é de insolar o gerador fotovoltaico dos outros circuitos elétricos, sendo de extrema importância durante a manutenção ou reparação do sistema. O interruptor deve suportar a tensão máxima em aberto do gerador fotovoltaico a uma temperatura de -10°C, e uma corrente de curto-circuito do gerador de pelo menos 125% maior. A sua corrente mínima pode ser dada pela seguinte expressão:

$$I_{dc} = 1,25 \times I_{ccPV} \quad \text{Equação 2.6}$$

Onde **I<sub>dc</sub>** Representa corrente DC que o interruptor deverá ter a capacidade de interromper e **I<sub>ccPV</sub>** a corrente de curto-circuito do gerador.

### 11.7. Perdas nos condutores

A máxima queda de tensão admissível no circuito do condutor não deve ser superior a 1 % da tensão nominal do sistema fotovoltaico e pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$P = R \times I_{ns}^2 \quad \text{Equação 2.7}$$

Onde **P** representa as perdas em potência, **R** a resistência dos cabos e **I<sub>ns</sub><sup>2</sup>** a corrente nominal do gerador.

### 11.8. Dimensionamento dos cabos

É possível de encontrar três tipos de cabo em uma instalação fotovoltaica respectivamente: Cabo de fileira, Cabo principal DC e AC A ligação entre vários painéis fotovoltaicos e caixa de junção é feita através dos cabos de fileira, devendo suportar uma corrente 25% maior que a corrente de curto-circuito do gerador, podendo ser calculada a partir da seguinte expressão:

$$I_{Cabo} = 1,25 \times I_{ccPV} \quad \text{Equação 2.8}$$

Onde **I<sub>Cabo</sub>** Representa corrente que o cabo deve suportar, e **I<sub>ccPV</sub>** a corrente de curto-circuito do gerador

A determinação da secção do condutor é feita em função da corrente máxima que o cabo devera suportar, ou seja:

$$I_{\text{Cabo}} \leq I_z \quad \text{Equação 2.9}$$

Onde  $I_{\text{Cabo}}$  Representa a corrente que o cabo devera transportar e  $I_z$  Corrente máxima suportada pelo cabo.

Com a secção do cabo determinada torna-se necessário verificar a queda de tensão máxima admissível.

### Secção mínima para o cabo de fileira

$$S_{\text{cabo}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{MPP}}}{0,01 \times U_{\text{MPP}} \times K} \quad \text{Equação 3}$$

Onde  $S_{\text{cabo}}$  Representa a secção do cabo,  $L_{\text{cabo}}$  Comprimento do cabo,  $I_{\text{MPP}}$  Corrente nominal da fileira,  $U_{\text{MPP}}$  Tensão para o MPP e  $K$  condutividade elétrica do material.

### Potência de Perdas

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{MPP}}^2}{S_{\text{cabo}} \times K} \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde  $P_M$  Representa Potencia de perdas e  $N$  número de fileiras do gerador.

### Secção mínima para o cabo principal DC

$$S_{\text{cabo}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_n^2}{(0,01 \times P_{\text{PV}} - P_M) \times K} \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde  $I_n$  apresenta a corrente nominal do gerador fotovoltaico,  $P_M$  potência de perdas.

### Secção mínima para o cabo DC

$$S_{\text{caboAC}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{max}}}{0,03 \times U_{\text{ns}} \times K} \quad \text{Equação 3.3}$$

Onde  $I_{\text{max}}$  Representa a corrente máxima suportada pela carga,  $U_{\text{ns}}$  Tensão máxima suportada pela carga.

### Secção mínima para o cabo AC

O cabo AC faz a ligação entre a rede elétrica e o inversor, sendo a queda máxima admissível pelo mesmo de 3% em relação a tensão nominal da rede.

$$S_{\text{caboAC}} = \frac{2 \times L_{\text{caboAC}} \times I_{\text{nac}} \times \cos \varphi}{0,03 \times U_{\text{ns}} \times K} \quad \text{Equação 3.4}$$

Onde  $S_{\text{caboAC}}$  Representa a secção do cabo AC,  $L_{\text{caboAC}}$  Comprimento do cabo AC,  $I_{\text{nac}}$  Corrente nominal em AC e  $U_{\text{ns}}$  Tensão nominal simples.

## Dimensionamento das Protecções

Os cabos dos geradores fotovoltaicos normalmente são protegidos por fusíveis. A corrente máxima admissível pelo cabo deve ser maior que a corrente nominal do fusível e menor que o limite de não fusão deste:

$$I_n \leq I_z \leq I_{nF} \leq 1,15 \times I_z \quad \text{Equação 3.5}$$

Onde  $I_n$  Representa a corrente nominal do fusível,  $I_z$  Corrente máxima admissível pelo cabo e  $I_{nF}$  Corrente de não fusão do fusível.

Para evitar cortes inesperados devido a intemperas, entre outros fatores, a corrente nominal do fusível deve ser minimamente 25% superior que a corrente nominal a ser transportada pelo cabo.

$$I_n \geq 1,25 \times I_{nPV} \quad \text{Equaçã 3.5.1}$$

## Cabos AC

A proteção dos cabos AC é feita por disjuntores. Os dispositivos devem satisfazer as duas condições subsequentes:

$$\begin{cases} I_s \leq I_n \leq I_z \\ I_f \leq 1,45 \leq I_z \end{cases} \quad \text{Equação 3.5.2}$$

Onde  $I_s$  Representa a corrente de serviço do circuito,  $I_n$  a corrente nominal do disjuntor,  $I_z$  Corrente admissível pelo cabo e  $I_f$  Corrente convencional de funcionamento do disjuntor.

## Capacidades das baterias

O cálculo da capacidade de bateria deve garantir que o sistema continue com energia durante um certo número de dias de indisponibilidade do sol, para tal considerando baterias de acido-chumbo. autonomia escolhida é de 3 dias, Tensão nominal de 24V.

$$C_{\min} = \frac{P_{\text{dia}} \times \text{Autonomia}}{U_{\text{bat}} \times PD \times \eta_{\text{bat}} \times \eta_{\text{reg}} \times \eta_{\text{cov}}} \quad \text{Equação 3.6}$$

Onde

**U<sub>bat</sub>** Tensão nominal da bateria

**PD** Profundidade de descarga.

$$N^{\circ} \text{ baterias em paralelo} = \frac{c}{\text{capacidade da bateria}} \quad \text{Equação 3.6.1}$$

Se a tensão do sistema for maior do que a tensão da bateria selecionada, deve-se calcular os números de baterias a colocar em série pela expressão:

$$N_{bat. seri} = \frac{V_{cc}}{\text{Tensão nominal da bateria}} \quad \text{Equação 3.6.2}$$

## 12. RESULTADOS DE ANÁLISE E DISCUSSÃO

Para se selecionar qual tipo de módulo fotovoltaico será usado no projecto devemos ter conhecimento de que cada painel solar tem uma capacidade diferente de geração, a escolha é devida a quantidade desejada de capacidade de geração de acordo com o consumo diário.

Tabela 1 - Consumo diario e mensal do sistema

Fonte: Autor, 2023

<b>Equipamento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência (W)</b>	<b>Uso ( h/dia)</b>	<b>Consumo ( Wh/dia)</b>
Lampadas	3	36	24	864
Geleiras	1	79	20	1.580
Computadores	3	195	24	4.680
Microondas	1	1.500	2	3.000
AC	1	1.643	24	39.432
<b>Total</b>		<b>3.453</b>		<b>49.556</b>

Tabela 2 Valores totais de consumo

Fonte: Autor, 2023.

Total Potência	<b>3.453</b>
Total Potência mês (Wh/30dias)	<b>1.486,68</b>

### Calculo da potência activa do Ar condicionado

Dados

**BTU** = 18000 ;  $\varepsilon$  – *eficiencia energetica* = 3,21 ; Constante **K** = 0,293.

$$P = \frac{BTU \times K}{\varepsilon} = \frac{18000 \times 0,293}{\varepsilon} = 1.643 \text{ Watt}$$

### Calculo da potência activa da Geladeira

w = 56,6 kWh/mês

$$P = \frac{w}{h} = \frac{56.600}{720 \text{ horas}} = 78,61 \cong 79 \text{ watt}$$

Tabela 3 Insolação média mensal do local para o ano 2023.

**Fonte:** Power.larc.nasa.gov 2023

Mês	Janeiro	Fevereiro	Marco	Abril	Maiο	Junho
Insolação (Kwh/m2)	5,95	5,17	5,88	4,89	4,22	3,75
Mês	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Insolação (Kwh/m2)	4,03	4,05	5,08	5	5,54	5,64

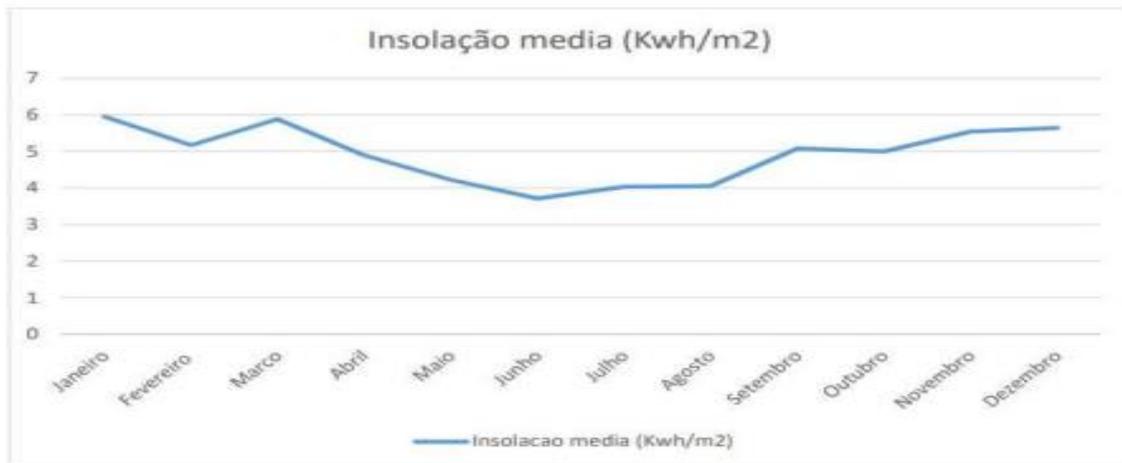


Figura 16 insolação media anual para o ano 2023

**Fonte:** Power.larc.nasa.gov 2023

No dimensionamento aplicado, utilizou-se como base o valor de radiação do pior mês do ano na região pré-determinada, no caso desse projecto, foi usado como base para o dimensionamento o menor valor da média anual registrada.

Para se seleccionar qual tipo de módulo será usado no projeto, deve se ter conhecimento de que cada painel solar tem uma capacidade diferente de geração, a escolha do painel é devida a quantidade desejada de capacidade de geração de acordo com o consumido diariamente.

A tabela abaixo descreve os parametros para o dimensionamento

Tabela 4 parametros para o dimensionamento

Fonte: Autor, 2023

Carga Instalada	3.453 W
Consumo diario	49.556 Wh
Radiacao (Média anual)	3,75 KW/m2
Tensão de operação do sistema C.C	12 V
Tensão de saída	220
Eficiência do cabeamento	97%
Eficiência das Baterias	85%
Eficiência do Inversor	85%

Desta maneira, a potência mínima para a geração, corrigida com os fatores de eficiência dos componentes, é:

$$P = [( C / R ) / ( Enc * Enb * Eni ) ]$$

Sendo:

P - Potência mínima da geração / dos painéis solares

C - Consumo diário

R - Radiação média diária anual

Enc - Eficiência do cabeamento

Enb - Eficiência do Banco de Baterias

Eni - Eficiência do Inversor

$$P = ( (49.556 / 3,75) / (0,97 * 0,85 * 0,85) ) = 18.856,25 \text{ W}$$

Existem diversos painéis solares mas para esse projecto escolheu-se módulos do **Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS**. As características elétricas deste painel são;

Tabela 5 Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS

Fonte: (Catalogo comercial CanadianSolar, 2022)

<b>Painel fotovoltaico CanadianSolar-CS6W-540MS</b>	
Potência nominal (W)	540
Tensão de circuito aberto (V)	41,3
Corrente de curto-circuito (A)	13,08
Tensão MPP (V)	49,2
Corrente MPP (A)	13,90
Tensão máxima admissível (V)	1500
Voltagem Máxima	1000V
Dimensão (mm)	2261 x 1134 x 35 mm
Peso (Kg)	27,8

Os painéis devem suportar a potência solicitada pelo inversor. De acordo com Atlas de precipitação Moçambique, de Instituto Nacional de Meteorologia publicado em Marco de 2017, a temperatura média anual em rressano Garcia é de 28° C. Os painéis solares terão uma inclinação de 30° e posicionados ao Norte Geográfico.

A irradiância do local de instalação dos módulos fotovoltaicos será:

$G = 1000 \times \frac{28^\circ}{25^\circ} \times \cos 30 = 969.948 \text{ W/m}^2$  Agora pode-se determinar a potência de módulos fotovoltaicos necessária, a qual devera ser de:

$$PGFV = \frac{P_{demand} \times G_{ref}}{G}$$

$$PGFV = \frac{18.856,25 \times 1.000}{969,95} = 19.440 \text{ W/dia}$$

### Quantidade dos módulos fotovoltaicos

$$N_{MODULOS} = \frac{P_{proj}}{P_{nf}} = \frac{18.856,25}{540} = 34 \text{ módulos}$$

Onde:

✓  $N_{MODULOS}$  – Numeros de Módulos;

- ✓  $P_{fv}$  – Potência Instalada ( $W_p$ );
- ✓  $P_{mf}$  – Poência de Pico de um Módulo.

Segundo Nascimento(2017) é possível estimar a energia média mensal produzida por um módulo fotovoltaico a partir dos parâmetros de área e eficiência do módulo escolhido, e a média mensal anual das horas de sol pleno (HSP), conforme descrito na equação

$$E_{mod} = 30 \times A \times n_{mod} \times HSP = 30 * (2,261 * 1,134) * 0,1863 * 3,75 = 53,74 \text{ Kwh}$$

Onde;

- ✓  $E_{mod}$  – Energia media mensal gerada pelo modulo fotovoltaico (Kwh)
- ✓  $A$  – Área do modulo ( $m^2$ );
- ✓  $n_{mod}$  - Eficiência do Modulo;
- ✓ HSP – Horas de Sol Pleno.

### Dimensionamento do inversor

Para o dimensionamento do inversor, é necessário buscar inversores com maiores potências, capaz de comportar um maior número de módulos fotovoltaicos. SegundoCepel (2004) o dimensionamento do inversor deve ser realizado de forma que o sistema não perca potência. Assim, a potência do inversor deve ser escolhida entre 70% a 120% da potência de pico do gerador fotovoltaico. O inversor deve ser escolhido obedecendo o seguinte critério: ter uma capacidade mais 20% da margem da potência consumida na instalação

$$P_{inversor} \geq 1,2 \times P_{consumida} [ W ]$$

$$P_{inversor} \geq 1,2 \times 3.453 = 4.144 \text{ W}$$

Tabela 3 Inversor Growatt SPF 5000TL HVM

Fonte: Autor 2023

<b>Inversor Growatt SPF 5000TL HVM</b>	
Tensão MPP (V)	60-115
Tensão máxima DC (V)	115
Potência nominal (W)	5000
Potência máxima DC (W)	4500
Corrente máxima DC (A)	80
Frequência (HZ)	50/60
Dimensões (mm)	455x350x130
Peso (Kg)	14,5

### Numero maximo de Paineis em serie

$$U_{painel}(-10^{\circ}C) = 1,14 \times U_{cc} = 1,14 \times 49,2 = 56,01 \text{ V}$$

$$\eta_{\max} = \frac{U(\text{inv max})}{U_{painel}(-10^{\circ}C)} = \frac{155 \text{ V}}{56,01 \text{ V}} = 2$$

### Numero minimo de Paineis por fileira

$$U_{painel}(70^{\circ}C) = 0,82 \times U_{cc} = 0,82 \times 60 = 49,2 \text{ V}$$

$$\eta_{\min} = \frac{U(\text{inv min})}{U_{painel}(70^{\circ}C)} = \frac{60 \text{ V}}{49,2 \text{ V}} = 1,22$$

### Numero maximo de fileiras

$$N_{\text{fil.max}} \leq \frac{I_{\text{inv.max}}}{I_{\text{n.fil}}} = \frac{80}{13,95} = 5,73$$

### Tensão maxima aos terminais do inversor

$$U_{\text{inv}}(10^{\circ}C) = 2 \times 56,01 = 112,02 \text{ V}$$

### Tensao aos terminais do inversor a 70°C

$$U_{\text{inv}}(70^{\circ}C) = 2 \times 49,2 = 98,4 \text{ V}$$

### Dimensionamento dos interruptores DC

Deve-se escolher o interruptor tabelado com valor igual ou superior ( $\geq$ ) ao valor achado nos cálculos, O interruptor tabelado é de 100A.

$$I_{\text{DC}} = 1,25 \times n_{\text{fil}} \times I_{\text{PVCC}} = 1,25 \times 5 \times 13,9 = 86,88 \text{ A}$$

In do interruptor DC = 100A

### Dimensionamento dos cabos por fileira

$$I_{\text{MPP}} = 13,08 \text{ A} ; I_{\text{CC}} = 13,90 \text{ A} ; I_{\text{cabo}} = 1,25 \times 13,9 = 17,38 \text{ A}$$

O cabo com maior comprimento será de maior secção

$$S_{\text{cabo}} = \frac{2 \times L_{\text{cabo}} \times I_{\text{MPP}}}{0,01 \times U_{\text{MPP}} \times K} = \frac{2 \times 25 \times 13,08}{0,01 \times 115 \times 56} = 10 \text{ mm}^2$$

Lcabo (m)	25
Scabo (mm <sup>2</sup> )	10

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	Corrente Iz
XV0,6/1KV – 2 x 10	10 mm <sup>2</sup>	98 A

### Protecção do Cabo

$$\sqrt{t} = K \times \frac{S}{I_{CC}}$$

### Resistência do cabo

$$R_{40^{\circ}C/km} = 2,11 \Omega/km$$

$$R_T = R_m + R_c \leftrightarrow R_m = 2 \times 2,11 \times 0,025 = 0,106 \Omega$$

$$I_{CC} = \frac{U_c}{R_T} = \frac{115}{0,106} = 1.084,90 A$$

$$t = \left( K \times \frac{S}{I_{CC}} \right)^2 = \left( 115 \times \frac{10}{1.084,90} \right)^2 = 1,12 s$$

Fusível

Fusíveis FNH00 aR

Fusível	
In	100 A
InF	105 A

### Verificação das Condições

$$I_n \leq I_z \leq I_{nF} \leq 1,15 \times I_z$$

$$100 A \leq 103,5 A \leq 105 A \leq 119,025 A - \text{condição satisfeita}$$

$$I_n \geq 1,25 \times I_{PVn} \geq 1,25 \times 13,08 \geq 16,35 A - \text{condição satisfeita}$$

### Potência de Perdas

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{cabo} \times I_{MPP}^2}{S_{cabo} \times K} = \frac{2 \times 1 \times 25 \times 13,08^2}{16 \times 56} = 9,54 W$$

## Dimensionamento dos cabos principais DC

A corrente será máxima para os inversores com 5 fileiras

$$I_{FVn \text{ gerador}} = I_{MPP} \times n = 13,08 \times 5 = 65,4 \text{ A}$$

$$I_{cc \text{ gerador}} = I_{SC} \times n = 13,90 \times 5 = 69,5 \text{ A}$$

$$I_{cabo} = 1,25 \times I_{cc \text{ gerador}} = 1,25 \times 69,5 = 86,88 \text{ A}$$

$$S_{cabo} = \frac{2 \times L_{cabo} \times I^2}{(0,01 \times P_{PV} - P_{FM}) \times K} = \frac{2 \times 10 \times 65,4^2}{(0,01 \times 4500) \times 56} = 34 \text{ mm}^2$$

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	Corrente Iz
XAV0,6/1KV – 2 x 35	35 mm <sup>2</sup>	138,6 A

## Protecção do Cabo

$$\sqrt{t} = K \times \frac{S}{I_{cc}}$$

## Resistência do cabo

$$R_{40^\circ C/km} = 0,61 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$R_T = R_m + R_c \leftrightarrow R_m = 2 \times 0,61 \times 0,025 = 0,0305 \text{ } \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{U_c}{R_T} = \frac{115}{0,0305} = 3.733,76 \text{ A}$$

$$t = \left( K \times \frac{S}{I_{cc}} \right)^2 = \left( 115 \times \frac{10}{3.733,76} \right)^2 = 0,095 \text{ s}$$

Fusível	
In	125 A
InF	147,8 A

## Verificação das Condições

$$I_n \leq I_z \leq I_{nF} \leq 1,15 \times I_z$$

$$125 \text{ A} \leq 138,6 \text{ A} \leq 147,8 \text{ A} \leq 159,39 \text{ A} - \text{condição satisfeita}$$

$I_n \geq 1,25 \times I_{CABOPVn} \geq 1,25 \times 69 \geq 86,25 \text{ A}$  - condição satisfeita

$100 \text{ A} \geq 86,25 \text{ A}$

### Potência de Perdas

$$P_M = \frac{2 \times N \times L_{\text{cabo}} \times I_{MPP}^2}{S_{\text{caboDC}} \times K} = \frac{2 \times 1 \times 10 \times 65,4^2}{34 \times 56} = 44,93 \text{ W}$$

### Dimensionamento do cabo AC

Potência Máxima do Inversor (W)	5000
Un (V)	230 V
cos $\varphi$	1
I <sub>invAC</sub> (A)	21,74

$$S_{\text{caboAC}} = \frac{2 \times L_{\text{caboAC}} \times I_{\text{nac}} \times \cos \varphi}{0,03 \times U_{\text{ns}} \times K} = \frac{2 \times 10 \times 21,74 \times 1}{0,03 \times 230 \times 56} = 1,12 \text{ mm}^2$$

Cabo escolhido		
Descrição	Secção	Corrente Iz
XV0,6/1KV - 2 x 2,5 mm <sup>2</sup>	2,5 mm <sup>2</sup>	35 A

Disjuntor	
In	25 A
Inf	33,8 A

### Verificação de condições

$I_s \leq I_n \leq I_z$

$21,74 \text{ A} \leq 25 \text{ A} \leq 35 \text{ A}$ . **Verifica**

$I_f \leq 1,45 \times I_z$

$I_f \leq 50,75 \text{ A}$  **Verifica**

## Potência de Perdas

$$P_{AC} = \frac{2 \times L_{caboAC} \times I_{nAC}^2 \times \cos \varphi}{S_{caboAC} \times K} = \frac{2 \times 10 \times 21,74^2 \times 1}{2,5 \times 56} = 67,52 \text{ W}$$

## Controlador de Carga

Para determinar o controlador de carga, deve verificar se a tensão de entrada do regulador é igual ou superior a tensão de saída dos painéis fotovoltaicos e se as características de saída do regulador são compatíveis com a carga a alimentar, de seguida determinar a corrente mínima em função da máxima fornecida pelo gerador fotovoltaico e comparar com a corrente resultante do consumo por hora O regulador de carga a dimensionar será do tipo MPPT, Visto que este regulador mostra ser o que melhor e se adequa a sistemas fotovoltaicos isolados, visto ser capaz de situar o ponto de potência máximo, maximizando a energia produzida.

Tendo cinco (5) fileiras cuja corrente de curto-circuito por fileira é de 13,90 A, a máxima corrente a ser fornecida pelo gerador fotovoltaico é:

$$I_{max \text{ gera}} = n \times I_{cc}$$

Onde

**n** número máximo de fileiras

**I<sub>cc</sub>** corrente de curto-circuito dos painéis

$$I_{max \text{ gera}} = 5 \times 13,90 = 69,5 \text{ A}$$

Apos os cálculos feitos, conclui-se que um controlador de carga de 69,5 A satisfaz sem sobressalto. Do catálogo em anexo 3 A11.1 foi selecionado um regulador de carga com tensão de entrada no intervalo de (60 a 115) V de DC e saída 48 e uma corrente máxima de 80A

## Rendimentos dos dispositivos associados a autonomia do sistema

Autonomia = 3 dias;

$U_{bat} = 24 \text{ V}$ ;

Produtividade de descarga - PD= 0.6;

Rendimento da bateria -  $\eta_{bat} = 0,7$ ;

Rendimento do regulador -  $\eta_{reg} = 0,97$ ;

Rendimento do conversor -  $\eta_{cov} = 0,9$

$$C_b = 260\text{Ah}$$

Sendo  $P_{\text{dia}} = 49.556 \text{ Wh}$

$$C_{\text{min}} = \frac{49.556 \times 3}{24 \times 0,6 \times 0,7 \times 0,97 \times 0,90} = 16.894 \text{ Ah}$$

Conhecendo capacidade mínima do banco de baterias, **16.593,03 Ah**, e a capacidade de cada bateria, **260 Ah**, calcula-se o número de baterias necessário para a instalação, obtendo-se:

$$\text{N}^\circ \text{ baterias em paralelo} = \frac{16.894}{260} = 64$$

Tendo escolhido bateria de 24 V com a capacidade de 260 Ah vai se determinar o número de baterias em serie para garantir se a tensão do sistema logo será:

$$N \text{ bat. seri} = \frac{48}{24} = 2$$

Sendo tensão de operação em corrente contínua é de **48 V** e a tensão da bateria escolhida é de **24 V**, logo serão instalados **2 bancos** de baterias em série.

### 13. Custos de aquisição de material

Tabela 4 Preço do material

Fonte: Autor 2023

	Produto	Qtd	Preço (MZN)	
			Unitário	Total
1	Painel fotovoltaico 530W	34	15.000	510.000
2	Inversor/regulador 5000W	1	18.000	18.000
3	Inversor/regulador 4000W	1	17000	17.000
4	Cabo XV0.6/1Kv-2x 10 mm <sup>2</sup>	40/25m	192/m	192.000
5	Cabo XV0.6/1Kv-2x 35 mm <sup>2</sup>	8/10m	673/m	53.840
6	Cabo XV0.6/1Kv-2x 2.5 mm <sup>2</sup>	8/10m	157/m	12.560
7	Interruptor geral 100A DC	1	1.500	1.500
8	Fusível 125A + acessórios	2	500	1000
9	Fusível 100A + acessórios	6	400	2.400
10	Disjuntor 2P 25 A	6	500	3.000
11	Disjuntor 2P 20 A	1	600	600
12	Caixa de ligações	1	1500	1500
13	Bateria 260Ah	64	8500	544.000
14	Cantoneiras e parafusos	80	250	20.000
	Subtotal	-	-	1.377,400

### 13.1. Custo da mão – de – obra

Tabela 5 Custo de Manutencao

Fonte: Autor 2023

<b>Moeda</b>	<b>Metical</b>
Mão-de-obra (20% subtotal)	275.480
Transporte (5% subtotal)	68.870
Imprevistos (5% subtotal)	68.870
Custo total do projeto	1.790.620

### Plano de Manutenção do sistema fotovoltaico

Tabela 6 Plano de manutenção do sistema fotovoltaico

Fonte: Autor 2023

<b>Itens</b>	<b>Custos (MZN)</b>
Limpeza dos painéis	12.000,00
Realizacao de teste e recolha de dados técnicos	6.000,00

## **14. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **14.1. Conclusão**

A busca por qualidade, eficiência e economia de energia elétrica tem sido constante e a energia produzida por sistemas fotovoltaicos é a solução embora o empreendimento seja de grande vergadura pois esta energia é limpa e sustentável garantindo um fornecimento contínuo da energia elétrica, os benefícios dessa matriz são bem visíveis, não tendo gastos com gasolina. Dessa forma, proporcionando um conforto maior e uma estética visual do ambiente mais agradável. No caso do projeto executado, os custos estão majoritariamente relacionados a troca das baterias entre 5 a 10 anos, já que os outros componentes, possuem uma longa durabilidade. Por mais que o investimento inicial seja maior, os geradores solares ainda saem na frente em comparação com o geradores movidos por combustíveis fósseis, pois eles apresentam uma vida útil muito superior, não necessitam de manutenções e trocas frequentes, além de fornecerem uma energia totalmente limpa, que não agride ao meio ambiente.

## 15. Referências Bibliográficas

- ✓ Marcelo, G. V. (2012), Energia Solar Fotovoltaica, 1<sup>a</sup> edição, Campinas;
- ✓ Silva, N. E. (2017), Aplicacao de eficiencia energetica e uso de paineis fotovoltaicos;
- ✓ Alves, V. A. (2008), Dimensionamento de sistemas de produção de electricidade baseados em sistemas solares, Porto;
- ✓ José, S. M. (2017), Energias Renováveis, Geração Distribuída e Eficiência Energética, 1<sup>a</sup> edição, são Paulo;
- ✓ Silva, N. E. (2017), Aplicacao de eficiencia energetica e uso de paineis fotovoltaicos.

## **ANEXOS**

## Anexo 1 – Intensidades nominais para diferentes cabos.

Tabela A 1-1: Intensidades nominais para diferentes cabos

Secção Nominal mm <sup>2</sup>	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$
1	-	24	32,100	-	20	37,000	-	18	32,000
1,5	48	32	21,500	32	26	24,800	30	24	21,400
2,5	63	43	13,200	43	35	15,200	40	32	13,100
4	82	57	8,270	55	45	9,510	52	42	8,240
6	103	72	5,600	68	58	6,380	64	53	5,530
10	137	99	3,340	90	80	3,830	86	73	3,310
16	177	131	2,140	115	105	2,440	111	96	2,110
25	229	177	1,360	149	143	1,570	143	130	1,350
35	275	218	1,020	178	176	1,150	173	160	1,010
50	327	266	0,776	211	215	0,870	205	195	0,774
70	402	338	0,562	259	270	0,623	252	247	0,559
95	482	416	0,427	310	335	0,469	303	305	0,425
120	550	487	0,356	352	390	0,387	346	355	0,353
150	618	559	0,306	396	447	0,329	390	407	0,303
185	701	648	0,261	449	514	0,227	441	469	0,259
240	819	779	0,218	521	610	0,228	511	551	0,215
300	931	902	0,189	-	-	-	-	-	-
400	1073	1100	0,165	-	-	-	-	-	-
500	1223	1246	0,144	-	-	-	-	-	-

## Anexo 2. Características elétricas do inversor usado no sistema

Tabela A 2 - 2: Características elétricas do inversor usado no sistema.

### INVERTER OUTPUT

RATED POWER	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	3000VA/ 3000W	4000VA/ 4000W	5000VA/ 5000W
Parallel Capability	No	No	No	Yes, 6 units	Yes, 6 units
AC Voltage Regulation (Battery Mode)	230VAC $\pm$ 5% @ 50/60Hz				
Surge Power	4000VA	6000VA	6000VA	8000VA	10000VA
Efficiency (Peak)	93%	90%	93%	93%	90%
Waveform					

Tradução da Tabela A 2.1 – 2: Características elétricas do inversor usado no sistema

### SAÍDA DO INVERSOR

Potência nominal	2000VA/ 2000W	3000VA/ 3000W	3000VA/ 3000W	4000VA/ 4000W	5000VA/ 5000W
Capacidade paralela	NÃO	NÃO	NÃO	SIM, 6 UNIDADES	SIM, 6 UNIDADES
AC Regulação de tensão ( Modo bateria)	230 VAC +/- 5% 50/60Hz				
Pico de potência	4000VA	6000VA	6000VA	8000VA	10000VA
Eficiência ( Pico) Forma de Onda	93%	90%	93%	93%	90%

Fonte: Autor.

### Anexo 3: Características dos Carregadores solares

**Tabela A 3 - 3:** Características dos Carregadores solares

#### SOLAR CHARGER

Maximum PV Array Power	1000W	1000W	2400W	4500W	4500W
MPPT Range @ Operating Voltage	30VDC ~ 80VDC	30VDC ~ 80VDC	60VDC ~ 115VDC	60VDC ~ 115VDC	60VDC ~ 115VDC
Maximum PV Array Open Circuit Voltage	100VDC	100VDC	145VDC	145VDC	145VDC
Maximum Solar Charge Current	40A	40A	40A	80A	80A
Maximum Efficiency	97%	97%	97%	97%	97%
Standby Power Consumption	2 W	2 W	2 W	2 W	2 W

Tradução da Tabela A 3.1 – 3: Características dos Carregadores solares

#### CARREGADOR SOLAR

Potência PV máxima do Painel	1000W	1000W	2400W	4500W	4500W
Tensão operacional da faixa MPPT	30VDC – 80VDC	30VDC – 80VDC	60VDC – 115VDC	60VDC – 115VDC	60VDC – 115VDC
Tensão máxima de circuito aberto do painel	100VDC	100VDC	145VDC	145VDC	145VDC
Corrente máxima de carga solar	40A	40A	40A	80A	80A
Eficiência máxima	97%	97%	97%	97%	97%
Consumo de energia em espera	2 W	2 W	2 W	2 W	2 W

Fonte: Autor

## Anexo 4. Curvas características do fusível.

### Fusíveis FNH00 aR

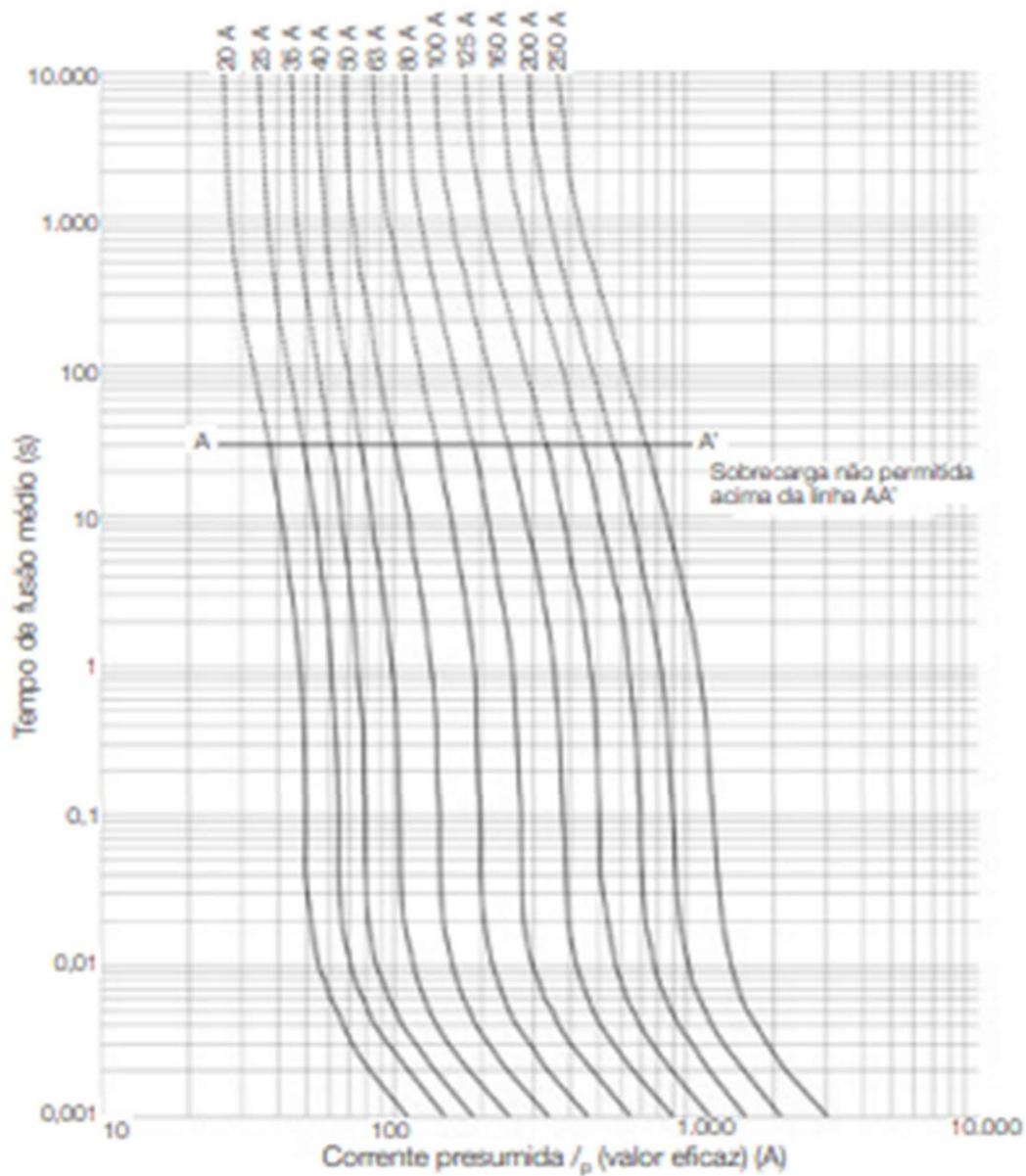


Figura A 4 - 4: Curvas características de disparo de fusíveis.

## Anexo 5: Acta de Encontro

### Tabela 5.1-5: Acta de encontro número 1



UNIVERSIDADE EDUARDO mONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTECNICA

**ACTAS DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL32	DATA:	16/08/23
--------------------	--------------	-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do TAT e discussão em torno do tema escolhido

2. PRESENCAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Wilson Tomas Rafael
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO

Correção do tema
Correção dos objetivos
Correção da Metodologia



**Tabela 5.1-6 – continuação da acta de encontro número 1**

4. RECOMENDAÇÕES

Melhorar a organização dos objectivos específicos.	
--	--

5. OBSERVAÇÕES

--	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

22/08/23
----------



## Anexo 5.1-7: Acta de encontro número 2

Tabela 5.1-7: Acta de encontro número 2.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTECNICA

**ACTAS DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL32	DATA:	22/08/23
--------------------	--------------	-------	----------

7. AGENDA:

Apresentação das retificações sugeridas no tema, objetivos e na metodologia

8. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Wilson Tomas Rafael
Outros	

9. RESUMO DO ENCONTRO

Aceitação de Validação do TAT
-------------------------------



**Tabela 5.1-8 – Continuação da acta de encontro 2.**

10. RECOMENDAÇÕES	
Olhar sempre pelo custo económico que advém do projecto.	
11. OBSERVAÇÕES	
12. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	06/09/2023



### Anexo 5.1-9 Acta de encontro número 3

#### Tabela 5-1-9 - Acta de encontro número 3



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTECNICA

#### ACTAS DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL32	DATA:	06/09/2023
--------------------	--------------	-------	------------

#### 13. AGENDA:

Revisão bibliográfica, Resultados, Análises e discussão

#### 14. PRESENCAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Wilson Tomas Rafael
Outros	

#### 15. RESUMO DO ENCONTRO

**Tabela 5.1-10:** Continuação da acta de encontro número 3.

Apreciação do trabalho.	
16. RECOMENDAÇÕES	
Retificar alguns aspetos relacionados com a escrita	
Melhorar o resumo	
Eliminar algumas suposições não possíveis de comprovar na prática	
17. OBSERVAÇÕES	
18. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	09/11/2023



## Anexo 5.1-11: Acta de encontro número 4

Tabela 5.1-11: Acta de encontro número 4.



UNIVERSIDADE EDUARDO mONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTECNICA

### ACTAS DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA	2023ELEPPL32	DATA:	09/11/2023
--------------------	--------------	-------	------------

#### 19. AGENDA:

Verificação do relatório final

#### 20. PRESENÇAS

Supervisor	Mestre Fernando Chachaia, Eng <sup>o</sup>
Co-Supervisor	
Estudante	Wilson Tomas Rafael
Outros	

#### 21. RESUMO DO ENCONTRO

**Tabela 5.1-12:** Continuação da acta de encontro número 4.

Mostrar o relatório Completo.	
22. RECOMENDAÇÕES	
Melhorar na citação	
Melhorar a organização do relatório	
23. OBSERVAÇÕES	



**Anexo 6 : Relatório de Progresso**  
Tabela 6.1-13 : Relatório de Progresso



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE  
FACULDADE DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

**Relatório de Progresso**

REFERÊNCIA DO TEMA:	2023ELEPPL32
---------------------	--------------

ACTV	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	22/08/23	60	Melhorar a introdução.	
	06/09/23	100	Pode avançar para bibliografia	
2	27/09/23	40	Selecionar os conceitos chaves	
	05/10/23	100	Pode avançar para parte prática	
3	22/10/23	80	Revisar os cálculos sobre dimensionamento do sistema fotovoltaico offgrid	
	03/11/23	100	Melhorar as análises	
4	10/11/23	90	Melhorar a conclusão e Resumo do trabalho, prestar atenção ao dimensionamento das baterias	

**Anexo 7: F1 - Guia de avaliação do relatório escrito**  
**Tabela 7.1-14: F1-Guia de avaliação do relatório escrito**



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

ELETROTÉCNICA

**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Wilson Tomás Rafael

Referência do tema: 2023ELEPPL32 Data: 08/ 22/ 2023

Título do tema: Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa Soluções Aduaneiras & Logística Lda

1. Resumo					
	1	2	3	4	5
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)				4	
Secção 1 subtotal (max: 5)	04				

**Tabela 7.1-15** : Continuação da F1 - Guia de avaliação do relatório escrito

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										31

3. Argumentação										
3.1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					

**Anexo 7.1-16:** Continuação da F1 - Guia de avaliação do relatório escrito

Secção 3 subtotal (max: 30)	24				
<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)	15				

Total de pontos (max: 100)	74	Nota (=Total*0,2)	14,8
----------------------------	----	-------------------	------

**Nota:** Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

**Anexo 8 – F2 Guia de avaliação da Apresentação oral e defesa**

**Tabela 8.1-17: F2 - Guia de avaliação da Apresentação oral e defesa número 1**



**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**  
**CURSO: ENGENHARIA ELÉTRICA**  
F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Wilson Tomás Rafael

Referência do tema: 2023ELEPPL32

Data: 08/22/2023

Título do tema: Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Soluções  
 Aduaneiras & Logística, Lda.

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)	7									

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 8.1-18 – Continuação da F2 - Guia de avaliação da Apresentação oral e defesa número 1

2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8			
Secção 2 subtotal (max: 25)	17,0										
3. Estilo da apresentação											
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5						
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5						
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5						
Secção 3 subtotal (max: 15)	8										
4. Defesa											
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Secção 3 subtotal (max: 50)	29										
Total de pontos (max: 100)	74,0					Nota (=Total*0,2)					14,2

Gerardo Lougo 18/12/23

**Anexo 9-1-19 - F2 – Guia de avaliação da apresentação oral e defesa**

**Tabela: 9.1-19 – Guia de avaliação da apresentação oral e defesa número 2**



UNIVERSIDADE  
EDUARDO  
MONDLANE

**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**  
**CURSO: ENGENHARIA ELÉTRICA**

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Wilson Tomás Rafael

Referência do tema: 2023ELEPPL32

Data: 08/22/2023

Título do tema: Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Soluções Aduaneiras & Logística, Lda.

<b>1. Introdução</b>										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)	8									

<b>2. Organização e explanação</b>										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Tabela 9.1-20: Continuação da F2 - Guia de avaliação da apresentação oral e defesa número 2

2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8			
Secção 2 subtotal (max: 25)	18										
3. Estilo da apresentação											
3.1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5						
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5						
3.3. Uso e qualidade dos audiovisuais	1	2	3	4	5						
Secção 3 subtotal (max: 15)	14										
4. Defesa											
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Secção 3 subtotal (max: 50)	35										
Total de pontos (max: 100)	75					Nota (=Total*0,2)					15,0

**Anexo 10: Ficha de avaliação da atitude do estudante**  
**Tabela 10.1-21. - Ficha de avaliação da atitude do estudante**



FACULDADE DE ENGENHARIA  
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA  
FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE  
 (Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Wilson Tomás Rafael

Referência do tema: 2023ELEPPL32 Data: 08/ 22/ 2023

Título do tema: Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a Empresa

Soluções Aduaneiras & Logística Lda

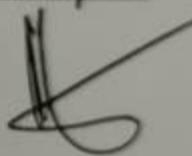
Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)					5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5

Tabela 10.1-22: Continuação da ficha de avaliação da atitude do estudante

Total de pontos (max: 35)		35
Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)	35	Nota (=Total*20/35)	20,0
---------------------------	----	---------------------	------



**Anexo 11: F3 – Ficha de avaliação Global**

**Tabela 11.1-23: F3 – Ficha de avaliação Global**



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENEGNHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**  
**F3 – FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do Estudante: Wilson Tomas Rafael

Referência do Tema: 2023ELEPPL32, Data 22/08/2023

Título do Tema: Dimensionamento de um sistema fotovoltaico offgrid para alimentar a empresa Soluções Aduaneiras & Logística, Lda.

Membros do júri	Assinatura
Membro 1 (O presidente)	<i>Wilson Tomas Rafael</i>
Membro 2	<i>Gervásio Louçã</i>
Membro 3	<i>Fernando Henrique Chalhoia</i>

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1= <i>14,8</i>	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2= <i>14,6</i>	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100$	<i>15,0</i>
--	-------------

Maputo, 18 de Novembro de 2023