



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

Título:

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTÁICO PARA  
ALIMENTAR A EMPRESA HEINEKEN MOÇAMBIQUE.**

**AUTOR:**

GUMANE, JOÃO VASCO

**SUPERVISOR:**

Mestre Anacleto João Albino, Eng.

Maputo, Maio de 2023

João Vasco Gumane

Estágio profissional

Referência do tema: 2023ELEPPL04

**Dimensionamento de um Sistema Fotovoltaico para Alimentar a  
Empresa Heineken Moçambique.**

Relatório de estágio profissional de fim do curso para obtenção do Grau de licenciatura em Engenharia Eléctrica pela Faculdade de Engenharia – UEM.

Coordenador: : Msc Anacleto João Albino Eng.

Supervisor: Msc Anacleto João Albino Eng.

Maputo, 26 de Maio de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia Electrotécnica **Curso**  
**de Engenharia Eléctrica**

**Declaração de Honra**

Eu, JOÃO VASCO GUMANE, 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.

João Vasco Gumane

(JOÃO VASCO GUMANE)

26, 05, 2023

Data

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho em primeiro lugar a mim mesmo pela coragem e persistência em vários obstáculos atravessados neste percurso estudantil, a minha mãe, meu pai, minha esposa e a pessoas indispensáveis em minha vida, contudo a família no geral pelo incentivo e pelo apoio para a concretização deste que é um marco significativo na minha vida que vem desde que faço parte deste universo no ramo da Engenharia.

## AGRADECIMENTO

Quero primeiro agradecer a Deus pela saúde, sabedoria e força dia após dia para combater as adversidades nessa etapa da vida não foi tão fácil chegar nesta etapa que hoje cheguei canto Victória muitas palavras não as tenho somente agradecer pela oportunidade que Deus me deu.

A minha família pelo apoio e incentivo que serviram de alicerce para minhas realizações, a todos os meus amigos e colegas do curso que compartilharam inúmeros desafios, sempre com espírito colaborativo embora com alguns que escondiam informação mas foi possível.

Sem me esquecer do meu supervisor o Mestre Anacleto João Albino, Eng. pela disponibilidade e paciência durante o processo inicial do TAT até ao próprio relatório final. A todos os Docentes do DEEL em especial do curso de Engenharia Eléctrica que de maneira sábia e educativa como segundos pais que Deus me deu puderam fazer chegar com maior sensibilidade os vários conhecimentos científicos que foram importantes para o término do meu curso e acima de tudo para a realização do presente estágio profissional.

## RESUMO

O presente relatório consiste na necessidade de garantir a continuidade do fornecimento de energia eléctrica a empresa Heineken Moçambique em especial alimentar a sua carga através de uma energia limpa sem emissões no ecossistema que encontram-se desprovido de energia eléctrica confiável, todavia rumo ao alcance total da sua missão e visão que é eliminar emissões de carbono a atmosfera até o ano 2030.

Para a resolução deste problema que inquieta a empresa Heineken Moçambique, uma primeira fase serão feitas recolhas de dados referentes a carga total da empresa em questão, para melhor ter bases de sustento na realização do trabalho acima indicado.

As condições climáticas da região nos provam que a projecção de um sistema fotovoltaico como fonte de alimentação da empresa é sustentável, assim o relatório descreve um sistema fotovoltaico completo, vão ser descritos os tipos de células fotovoltaica existentes, reguladores de carga, inversores como o dispositivo de conversão de DC para AC, e baterias para armazenar a energia. Todos eles elementos descritos funcionam como um, para salvaguardar uma saída confiável do potência na rede.

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁG.</b>
DEDICATÓRIA .....	i
AGRADECIMENTO .....	ii
RESUMO .....	iii
INFORMAÇÕES DA EMPRESA .....	iv
Lista de abreviatura e símbolos .....	xiv
Lista de figuras .....	xv
1 Introdução .....	1
1.1 Formulação do problema .....	1
1.1.1 Hipótese .....	2
1.2 Justificativa .....	2
1.3 Objectivo .....	2
1.3.1 Objectivo geral .....	2
1.3.2 Objectivos específicos .....	3
1.4 Metodologia .....	3
1.5 Estrutura do trabalho .....	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
2.1 Conceitos fundamentais .....	5
2.2 célula fotovoltaica .....	5
2.3 Tipos de células .....	5
2.3.1 Silício Monocristalino .....	6
2.3.2 Silício policristalino .....	6
2.3.3 Células amorfas .....	7
2.3.4 Célula de Película Fina .....	7
2.4 Painéis Solar .....	8

2.5	Associações dos módulos fotovoltaicos .....	9
2.5.1	Associação em série.....	9
2.5.2	Associação em paralelo.....	10
2.6	Factores que afectam os módulos fotovoltaicos.....	10
2.6.1	Curvas Características de Corrente, Tensão e Potência.....	11
2.6.2	Temperatura e Radiação .....	12
2.6.3	Sombreamentos artificiais.....	14
2.6.4	Pontos quentes e díodos de derivação.....	15
2.7	Inversor .....	15
2.7.1	Inversor de central.....	16
2.7.2	Inversor de fileira .....	16
2.8	Baterias .....	17
2.8.1	Baterias de Prata-Zinco (AgZn) .....	18
2.8.2	Baterias de Iões de Lítio (Li- ion).....	18
2.8.3	Baterias de Níquel-Cádmio (NiCd).....	18
2.8.4	Baterias Níquel-Metal Hidreto (NiMH).....	19
2.8.5	Baterias de Chumbo Ácido (Pb-Ácido) .....	19
2.9	Controlador.....	20
3	SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS.....	22
3.1	Sistemas isolados ou autónomos.....	22
3.2	Sistemas híbridos.....	24
3.3	Sistemas de ligação à rede .....	25
4	Cálculo eléctrico.....	26
5	Projecto eléctrico .....	32
6	orçamento .....	39

7	Conclusão .....	39
8	Bibliografia .....	40
	Anexos.....	A
	Apêndice.....	AP

## LISTA DE ABREVIATURA E SÍMBOLOS

### Lista de abreviatura

AC - Corrente alternada

CC - Corrente continua

FV – Fotovoltaico

DPS - Dispositivo de protecção contra surtos

STC - *Standard Test Condition*

MPP - Ponto de máxima potência (*Maximum Power Point*)

MPPT - *Maximum Power Point Tracker*

### Lista de símbolos

$C_{Ah}$  – Energia total do acumulador

$K_{DOD}$  – Profundidade de descarga máxima

$K_{cab}$  – Factor de perdas nas cablagens

$K_{inv}$  – Factor de perdas de conversão no inversor

$K_{radi}$  – Factor de radiação

$K_{\eta}$  – Eficiência da bateria

$I_{cc}$  – Corrente de curto-circuito

$P_{PV}$  – Potência necessário para o módulo fotovoltaico

$\Delta V\%^{\circ C}$  – Variacao da tensao por cada  $^{\circ C}$  por %

$V_{oc}$  – Tensao em circuito aberto do modulo em condicoes STC

$T_{STC}$  – Temperatura padrão de teste

$V_{oc[TMax]}$  – Tensao maxima do modulo a  $10^{\circ C}$

$W_D$  – Energia consumida pela instalacao

### Unidade

[Ah]

sem unidade

sem unidade

sem unidade

sem unidade

sem unidade

[A]

[Kwhp]

[U]

[U]

[ $^{\circ C}$ ]

[U]

[ $\frac{Kwh}{dia}$ ]

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Célula Monocristalina.[10].....	6
Figura 2 - Célula policristalina [8].....	6
Figura 3 - Célula amorfa.[1].....	7
Figura 4 - Célula de Película Fina.[4].....	8
Figura 5 - Estrutura típica de um módulo utilizando um vidro especial.[5].....	9
Figura 6 - Associação de módulos em série. [6].....	9
Figura 7 - Associação de módulos em paralelo. [6].....	10
Figura 8 - Curva característica de corrente e tensão do módulo fotovoltaico. [4].....	11
Figura 9 - Curva característica da potência e tensão do módulo fotovoltaico. [4].....	12
Figura 10 - Curva I – V com variação da radiação e temperatura constante de 25°C. [8]...13	
Figura 11 - Curva I – V com variação da temperatura e radiação constante de 1000 W/m <sup>2</sup> . [8] .....	13
Figura 12 - Circuito que apresenta células com sombreamento.[6].....	14
Figura 13 - Painel solar sombreado e com diodos de derivação.....	15
Figura 14 - Esquema de ligação de módulos a um Inversor Central.[12].....	16
Figura 15 - Esquema de ligação de módulos a um Inversor em fileira.[12].....	17
Figura 16 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico.[6].....	22
Figura 17 - Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.[4].....	23
Figura 18 - Exemplo de sistema híbrido.[5].....	24
Figura 19 - Sistema ligado à rede.[5].....	25
Figura 20 - Planta da Heineken Mozambique – Terreno previsto para implementação [Google Map].....	32

## LISTA DE ANEXOS

Figura A1-1: Módulo fotovoltaico.....	A1-1
Figura A1-2: Características do módulo.....	A1-2
Figura A2-1: Características do inversor.....	A2-1
Figura A2-2: Características Técnicas do inversor .....	A2-2
Figura A3-1: Características da bateria.....	A3-1
Tabela A4-1: Características dos corta-circuito fusíveis .....	A4-1
Tabela A5-1: Factores de correção. ....	A5-1
Tabela A5-2: Resistividade Termica .....	A5-2
Tabela A6-1: Correntes Admissíveis. ....	A6-1
Tabela A7-1: Características do Controlador de carga .....	A7-1
Anexo A8 : Actas de Encontros.....	A8
Anexo A9 : Actas de Encontros.....	A9
Anexo A10 : Actas de Encontros.....	A10
Anexo A11 : Actas de Encontros.....	A11
Anexo A12 : Relatório de Progresso .....	A12
Anexo A13 : Guia de Avaliação do Relatório Escrito.....	A13
Anexo A14 : Guia de Avaliação do Relatório Escrito.....	A14
Anexo A15 : Guia de Avaliação da Atitude do Estudante .....	A15
Anexo A16 : Guia de Avaliação da Atitude do Estudante .....	A16
Anexo A17 : Guia de Avaliação Global .....	A17

## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1 : Estrutura do Sistema Fotovoltaico.....	AP1.1
Apêndice 2 : Elementos da Combiner Box.....	AP2.2
Apêndice 3 : Elementos da String Box. ....	AP3.3
Apêndice 4 : Desenho Unifilar da Configuração do Sistema Fotovoltaico .....	AP4.4

## 1 INTRODUÇÃO

A Heineken Moçambique está localizada na zona de Bobole, no distrito de Marracuene, província de Maputo. O empreendimento foi erguido num espaço de 113 hectares que comportarão todos os compartimentos importantes nas diferentes fases de produção, incluindo área social e de serviços de assistência médica com uma capacidade de produção de 800 mil hectolitros por ano.

A Heineken Moçambique iniciou as suas actividades em 2016, contudo desde este período até os dias que correm, a Heineken Moçambique tem enfrentado problemas energéticos. Actualmente o fornecimento de energia eléctrica é feito na base de 2 grupos geradores cuja capacidade de cada gerador é de 1.25MW totalizando uma potencia de 2.50MW.

Os geradores funcionam em paralelo injectando a tensão de 400v no mesmo barramento neste momento funcionam todos em simultâneo o que por sua vez trás suas desvantagens, pois estando todos geradores em serviço em caso de perturbação no fornecimento de energia eléctrica algumas áreas ficam comprometidas, isto é, estas áreas ficam sem corrente eléctrica neste instante de perturbação o que de certa forma prejudica nos resultados desejados.

O sistema actual não mostra fiabilidade, pois nos dias de manutenção deve se desligar um gerador para fazer manutenção no outro gerador o que também compromete o funcionamento da fábrica no seu todo porque deve se restringir algumas cargas.

Salientar que o grupo gerador é alimentado por diesel, tendo em conta a alta dos preços de combustível e considerando as especificidades próprias do negócio da Heineken Moçambique, os seus custos operacionais acabam sendo extremamente altos, chegando a corresponder, nas condições actuais a um.

### 1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A missão e visão da Heineken Moçambique é de eliminar emissões de carbono na atmosfera até o ano 2030. A Heineken Moçambique tem enfrentado uma dificuldade em manter os seus equipamentos alimentados com a corrente eléctrica. Dai que há

necessidade de melhoramento de fornecimento de energia eléctrica, num episódio passado a Heineken perdeu 1 um servidor com uma boa parte de informação da empresa isso por causa de cortes constantes de energia através do grupo gerador que não funciona devidamente. A empresa reporta perdas inestimáveis de dados.

Para a resolução do problema coloca-se a seguinte questão:

Porque efectuar dimensionamento de um sistema fotovoltaico?

### **1.1.1 Hipótese**

De forma a resolver o problema exposto acima pode-se perceber que efectuado o dimensionamento de um sistema fotovoltaico sendo uma energia limpa, segura e económica podemos sim satisfazer aquilo que é a missão e visão da empresa até o ano acima mencionado.

## **1.2 JUSTIFICATIVA**

Para Lakatos & Marconi (1992), é a parte do trabalho que apresenta respostas à questão do porquê da realização da pesquisa. De acordo com algumas pesquisas feitas na Heineken Moçambique foi possível saber que a Heineken tem uma visão e missão de reduzir as emissões de carbono na atmosfera até o ano 2030 daí que o uso de uma energia limpa seria mesmo estratégico para aquilo que é a missão e visão da Heineken Moçambique sem esquecer a qualidade e o contínuo fornecimento de energia eléctrica ao sistema de armazenamento de dados da empresa Heineken Moçambique que é uma das muitas prioridades em volta das cargas essenciais existentes e resolvendo de forma definitiva os riscos de perda de informação nos servidores.

## **1.3 OBJECTIVO**

### **1.3.1 Objectivo geral**

Dimensionar um sistema fotovoltaico para alimentar a carga essencial na empresa Heineken Moçambique.

### **1.3.2 Objectivos específicos.**

- ✓ Estudar a Bibliografia a usar;

- ✓ Fazer o levantamento de cargas instalados na empresa em questão;
- ✓ Descrever a constituição e princípio de funcionamento de um sistema fotovoltaico;
- ✓ Dimensionar um sistema fotovoltaico para alimentar a carga na empresa acima citado.

#### 1.4 METODOLOGIA

A materialização deste trabalho cumprirá requisitos científicos de recolha de informação inerente ao tema acima proposto seguindo dois conceitos de metodologia: Pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo.

A pesquisa bibliográfica, é considerada uma fonte de coleta de dados secundária, pode ser definida como: contribuições culturais ou científicas realizadas no passado sobre um determinado assunto, tema ou problema que possa ser estudado (LAKATOS & MARCONI, 2001; CERVO & BERVIAN, 2002).

Para Lakatos e Marconi (2001, p. 183), a pesquisa bibliográfica, “[...] abrange toda bibliografia já tomada pública em relação ao tema estudado, desde publicações avulsas, boletins, jomais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, materiais cartográficos, etc. [...] e sua finalidade é colocar o pesquisador em contacto directo com tudo o que foi escrito, dito ou filmado sobre determinado assunto [...]”. Em suma, todo trabalho científico, toda pesquisa, deve ter o apoio e o embasamento na pesquisa bibliográfica, para que não se desperdice tempo com um problema que já foi solucionado e possa chegar a conclusões inovadoras (LAKATOS & MARCONI 2001).

Pesquisas de campo Para Tripodi et al. (1975:42-71), as pesquisas de campo dividem-se em três grandes grupos: quantitativo-descritivos, exploratórios e experimentais, com as respectivas subdivisões.

Para este caso iremos usar a pesquisa de campo exploratório.

Pesquisa Exploratórios - são investigações de pesquisa empírica cujo objectivo é a formulação de questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, fato ou fenômeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos.

Empregam-se geralmente procedimentos sistemáticos ou para a obtenção de observações empíricas ou para as análises de dados (ou ambas, simultaneamente).

Para Aaker, Kumar & Day (2004), a pesquisa exploratória costuma envolver uma abordagem qualitativa, tal como o uso de grupos de discussão; geralmente, caracteriza-se pela ausência de hipóteses, ou hipóteses pouco definidas.

Segundo Mattar (2001), os métodos utilizados pela pesquisa exploratória são amplos e versáteis. Os métodos empregados compreendem: levantamentos em fontes secundárias, levantamentos de experiências, estudos de casos seleccionados e observação informal. Para Zikmund (2000), os estudos exploratórios, geralmente, são úteis para diagnosticar situações, explorar alternativas ou descobrir novas ideias.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este documento encontra-se estruturado em sete capítulos, sendo o primeiro capítulo o presente que faz o levantamento dos problemas e as possíveis soluções;

No capítulo 2 são descritos os diferentes tipos de células fotovoltaicas, materiais de construção do cada tipo de célula, bem como os elementos que compõem um sistema FV;

No Capítulo 3 aborda os diferentes tipos de sistemas fotovoltaicos existentes e suas características sobre o ponto de vista de utilização;

No capítulo 4 são apresentados os parâmetros para cálculo eléctricos de um sistema fotovoltaico;

No penúltimo capítulo serão apresentados os resultados dos cálculos eléctricos de uma central fotovoltaica, número de painéis constituintes e todos elementos que fazem parte de um sistema fotovoltaico de modo a garantir segurança e qualidade de funcionamento.

No último Capítulo serão apresentadas as principais conclusões da dissertação e referidas perspectivas futuras para o trabalho desenvolvido.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CONCEITOS FUNDAMENTAIS**

As potencialidades do sol vêm assumindo cada vez maior importância no contexto energético. Dados disponibilizados pela Solar buzz demonstram que a procura da energia solar tem apresentado, em média, uma taxa de crescimento de 30% ao ano, nos últimos 20 anos, e movimenta bilhões de dólares anualmente ([www.solarbuzz.com](http://www.solarbuzz.com)). No entanto, um longo trajeto foi percorrido até que o objectivo de se aproveitar a radiação solar na produção de electricidade se concretizasse. O percurso que teve início em 1839 encontra-se ainda hoje em constante evolução (Vallêra e Brito, 2006)

### **2.2 CÉLULA FOTOVOLTAICA**

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão directa da luz em electricidade através do efeito fotovoltaico.

O painel solar é composto de células de silício. Elas são semicondutoras de electricidade porque o silício é um material com características intermédias entre um condutor e um isolante.

Existem na natureza materiais classificados como semicondutores, que se caracterizam por possuírem uma banda de valência totalmente preenchida por electrões e uma banda de condução totalmente vazia à temperaturas muito baixas. A figura ilustra a formação de uma célula fotovoltaica.

### **2.3 TIPOS DE CÉLULAS**

Tendo em conta o material utilizado no fabrico das células, estas irão ser classificadas de diferentes formas.

### 2.3.1 Silício Monocristalino

O silício Mon cristalino é o material mais usado na composição das células fotovoltaicas, atingindo cerca de 60% das vendas do mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico. As células mono cristalinas foram as primeiras a serem elaboradas a partir de um bloco de silício cristalizado, num único cristal. Apresentam-se sob a forma de placas redondas, quadradas ou pseudo quadradas. Contudo, uma vez que necessita de grandes quantidades de energia no seu fabrico, devido à exigência de utilizar materiais em estado muito puro e com uma estrutura de cristal perfeita, leva a que o seu preço de venda seja bastante elevado.



Figura 1 - Célula Monocristalina.[10]

### 2.3.2 Silício policristalino

O silício policristalino constituído por um número muito elevado de pequenos cristais da espessura de um cabelo humano, dispõe de uma quota de mercado de cerca de 30%. As descontinuidades da estrutura molecular dificultam o movimento de electrões e encorajam a recombinação com as lacunas, o que reduz a potência de saída. O processo de fabricação é mais barato do que o do silício mono cristalino.

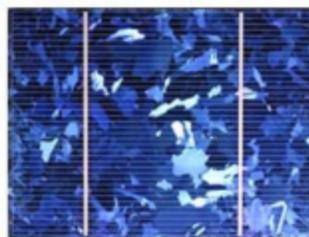


Figura 2 - Célula policristalina [8]

### 2.3.3 Células amorfas

As células amorfas são compostas por um suporte de vidro ou de outra matéria sintética, na qual é depositada uma camada fina de silício (a organização dos átomos já não é regular como num cristal). O rendimento deste tipo de células é mais baixo do que nas células cristalinas mas, mesmo assim, a corrente produzida é razoável.

A sua gama de aplicações são os pequenos produtos de consumo como relógios, calculadoras, mas podem também ser utilizadas em instalações solares. Apresentam como vantagem o facto de reagirem melhor à luz difusa e à luz fluorescente e, portanto, apresentarem melhores desempenhos a temperaturas elevadas.



Figura 3 - Célula amorfa.[1]

Apesar de possuírem baixas eficiências, as células de película fina têm sido sujeitas a diversas investigações como uma futura alternativa às de silício. O motivo das investigações deve-se ao facto de estas serem muito mais resistentes aos efeitos de sombreamento e a temperaturas elevadas.

### 2.3.4 Célula de Película Fina

As células de película fina tais como CIS, CdTe e CiGs, encontram-se em fase de desenvolvimento. Apesar de possuírem baixas eficiências, as células de película fina apresentam-se como uma alternativa promissora ao silício, por serem muito mais resistentes aos efeitos de sombreamento e a temperaturas elevadas.

Os painéis solares de CIS aprestam, como (silício amorfo) e o CdTe, uma agradável aparência estética. Apresentam rendimento algo inferior ao do silício, mas em contrapartida encontram aplicações arquitectónicas diversas, devidas as vantagens de

utilizarem tecnologias de películas finas e permitirem a passagem parcial de luz. No caso do CdTe, há pouca abundância dos elementos envolvidos e sua toxicidade são aspectos que têm de ser considerados se esta tecnologia atingir quantidades significativas de produção.



Figura 4 - Célula de Película Fina.[4]

Entre os materiais mais estudados estão o silício amorfo hidrogenado (a-Si:H), o disseleneto de cobre e índio (CIS) e o telúrio de cádmio (CdTe). O material amorfo difere de um material cristalino pelo fato de não apresentar qualquer ordenamento no arranjo estrutural dos átomos. As células feitas com este material possuem eficiências inferiores às das células de silício cristalino. A eficiência deste tipo de célula já atingiu 13% em laboratório. Porém, as células comerciais apresentam eficiências em torno de 9%. É a célula mais pesquisada actualmente e a que possui um preço mais baixo devido ao seu processo mais simples de fabricação.

## 2.4 PAINÉIS SOLAR

Os painéis solares são constituídos por agrupamentos de células em série ou em paralelo, de forma a se obter os valores desejáveis de tensão e corrente.

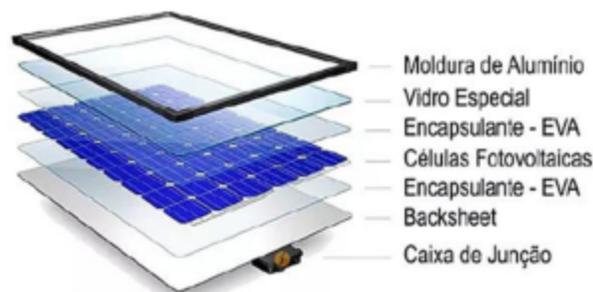


Figura 5 - Estrutura típica de um módulo utilizando um vidro especial.[5]

## 2.5 ASSOCIAÇÕES DOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

O objectivo da ligação de módulos PV é o aumento da potência máxima de um painel fotovoltaico. Existem, nesse sentido, duas possibilidades de se realizar a associação de módulos através de interligação em série ou em paralelo.

### 2.5.1 Associação em série

Os módulos PV ligados em série são designados normalmente por fileiras. Para uma correta interligação, os módulos devem ser da mesma potência e marca, de forma a evitar perdas de energia ao longo do sistema. Como está representado na figura 9, as células são atravessadas pela mesma corrente e onde a característica resultante deste agrupamento é obtida pela adição das tensões aos terminais das células, mantendo a corrente estipulada do módulo.

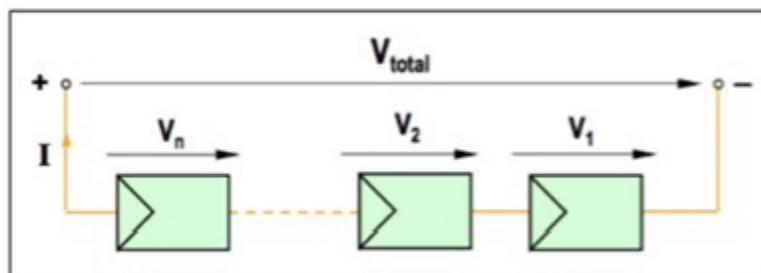


Figura 6 - Associação de módulos em série. [6]

$$V_{Total} = V_1 + V_2 + V_3 \quad (2.1)$$

### 2.5.2 Associação em paralelo

No caso de um agrupamento de módulos ligados em paralelo, a intensidade de corrente aumenta para uma mesma tensão ao longo dos módulos. A figura abaixo representa o esquema de uma associação em paralelo.

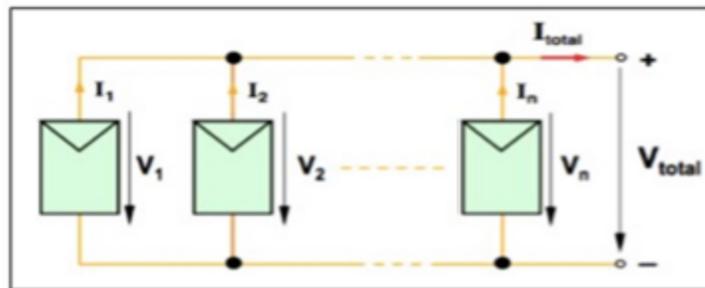


Figura 7 - Associação de módulos em paralelo. [6]

$$I_{Total} = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2.2)$$

## 2.6 FACTORES QUE AFECTAM OS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

A geração de energia usando painéis tende a crescer no mundo todo, visto que essa é uma energia que não agride o ambiente, fazendo se assim um ponto de discussão para a adesão do mesmo em muitos países. Sobre tudo é influenciada por factores externos como a temperatura e radiação esses em destaque, o que torna se obrigatório conhecer as condições climáticas da zona que se pretende instalar um painel.

Os parâmetros que ficam em destaque nas saídas dos módulos são seguintes:

### Corrente de curto-circuito

A corrente de curto-circuito sucede quando os dois terminais do módulo estão conectados, não existe tensão eléctrica e a corrente vai para seu valor máximo.

### Tensão de circuito aberto

A tensão de circuito aberto é a medida na saída do módulo em vazio, isto é, quando nos terminais não existe nada ligado a ele, sendo essa a tensão máxima que o módulo pode fornecer.

### Ponto de máxima potência

O ponto de máxima potência é o que corresponde a melhor situação que o módulo pode fornecer de electricidade.

#### 2.6.1 Curvas Características de Corrente, Tensão e Potência

A corrente eléctrica produzida por uma célula é directamente proporcional a sua área, pois esta corrente depende da quantidade de luz solar recebida. Então quanto maior é a área, maior é a captação de luz e por consequência, maior é a corrente eléctrica fornecida.[6]

A célula fotovoltaica apresenta tensão de saída muito baixa na ordem de 0,6V, para poder aumentar essa tensão os fabricantes interligam as células em série de modo a obter na sua saída uma tensão mais elevada, no intervalo de 30 – 60V geralmente. O módulo fotovoltaico apresenta uma tensão na saída variável. Esta tensão depende da corrente. O ponto de operação de um módulo depende do que está conectado em seus terminais. Caso é conectado um equipamento que demanda muita corrente, a tensão de saída do módulo tenderá a cair. De outro lado, se conectar uma carga que demanda pouca corrente, a tensão de saída será mais alta, na maioria das vezes tendendo à tensão de circuito aberto.

Abaixo estão ilustrada os pontos sobre forma de gráfico, o comportamento do Corrente em função da tensão ( $I - V$ ) e também da potencia em função de tensão ( $P - V$ )



Figura 8 - Curva característica de corrente e tensão do módulo fotovoltaico. [4]



Figura 9 - Curva característica da potência e tensão do módulo fotovoltaico. [4]

### 2.6.2 Temperatura e Radiação

Esses são os factores principais que afectam directamente a potência de saída dos módulos fotovoltaicos, devido as condições dos painéis funcionarem pela conversão de luz em energia eléctrica. Assim será detalhado o comportamento da temperatura e radiação sobre os módulos.

#### Radiação

Quando a radiação diminui, a corrente fotovoltaica gerada diminui proporcionalmente, enquanto a variação da tensão de circuito aberto é muito pequena. Na realidade, a eficiência de conversão não é influenciada pela variação da radiação na faixa operacional padrão das células, o que significa que a eficiência de conversão é a mesma tanto em um dia claro quanto nublado. Portanto, a menor potência gerada com um céu nublado pode ser referente não a uma queda da eficiência, mas a uma menor produção de corrente devido à menor radiação solar.[7]

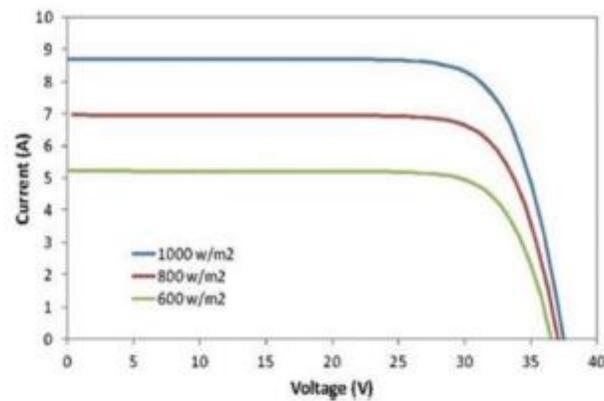


Figura 10 - Curva I – V com variação da radiação e temperatura constante de 25°C. [8]

### Temperatura

Ao contrário do caso anterior, no qual a temperatura dos módulos fotovoltaicos aumenta, a corrente produzida continua praticamente inalterada, enquanto a tensão diminui e, com ela, há uma redução dos desempenhos dos módulos fotovoltaicos em termos de energia eléctrica produzida

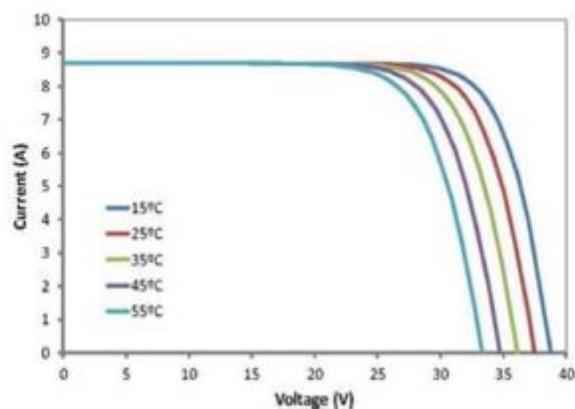


Figura 11 - Curva I – V com variação da temperatura e radiação constante de 1000 W/m<sup>2</sup>. [8]

### 2.6.3 Sombreamentos artificiais

A presença de sombras sob um painel fotovoltaico tem consequências graves na produção de energia. Os sombreamentos podem estar relacionados com a localização do sistema, podendo ter como origem edifícios, cabos suspensos ou árvores. A limpeza dos painéis está relacionada com o ângulo de inclinação, sendo que, quanto maior for o ângulo melhor será a sua limpeza.

Em Moçambique este ângulo é elevado, normalmente 30°, o que beneficia bastante a limpeza dos painéis.

A célula fotovoltaica que se encontrar sob uma sombra não vai produzir, mas as restantes células continuam a produzir electricidade, que virá a ser dissipada sob a forma de calor pela célula sombreada. A dissipação dessa energia provoca o aquecimento da célula, o qual pode danificar.

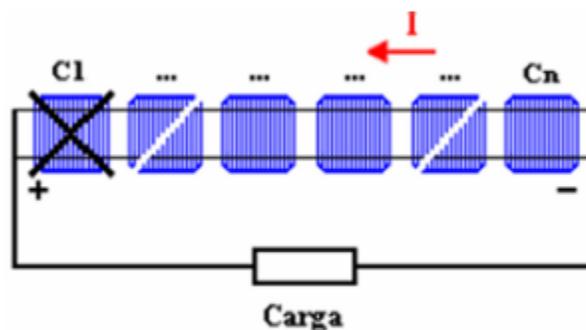


Figura 12 - Circuito que apresenta células com sombreamento.[6]

A destruição de uma célula pode provocar a inutilização de várias outras, pois os painéis são constituídos por diversas células ligadas em série e em paralelo.

### 2.6.4 Pontos quentes e díodos de derivação

Uma célula solar sombreada pode aquecer até ao ponto de se danificar, dando origem a um ponto quente. Isto, pode acontecer quando flui uma corrente inversa relativamente elevada através da célula solar.

Quando uma célula fica totalmente obscurecida, esta célula passa a estar inversamente polarizada passando a absorver energia eléctrica, convertendo-a em calor.

Em caso da corrente que a atravessa ser suficientemente elevada, no máximo igual a corrente de curto-circuito, resulta um ponto quente.

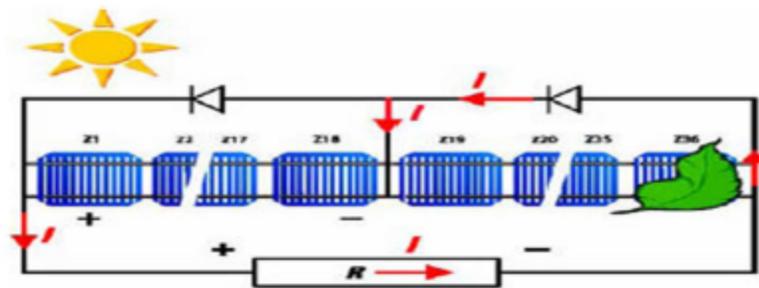


Figura 13 - Painel solar sombreado e com diodos de derivação.

De modo a prevenir a ocorrência de pontos quentes, a corrente é desviada da célula através de uma derivação que, por sua vez é conseguida através de um diodo ligado em paralelo com as células, impedindo assim o aparecimento de tensões inversas elevadas. Na prática os diodos são colocados em paralelo com um conjunto de 18 a 20 células solar conforme a figura.

## COMPONENTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

### 2.7 INVERSOR

O papel principal do inversor solar no sistema fotovoltaico é inverter a energia eléctrica gerada pelos painéis, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA). O seu papel secundário é garantir a segurança do sistema e gerar dados sobre a produção de energia ao longo do tempo, para a monitorização do desempenho do respectivo sistema. O tamanho e número das fileiras estão sempre condicionadas pela escolha do inversor, tendo em conta a potência de saída do módulo.

### 2.7.1 Inversor de central

Os valores de tensão e a corrente à entrada do inversor possuem valores únicos, sendo o ponto de potência máxima, determinado em base nesses valores dos parâmetros já indicados. O facto de o sistema não ter capacidade de diferenciar os pontos de potência máxima (MPPT) das várias fileiras de módulos, a eficiência do sistema é diminuído. Por outro lado, a fiabilidade do sistema fotovoltaico está dependente de um só inversor e em caso de falhas do mesmo, toda a instalação fica comprometida. [9]



Figura 14 - Esquema de ligação de módulos a um Inversor Central.[12]

### 2.7.2 Inversor de fileira

Os módulos sujeitos as condições de funcionamento semelhantes (radiação e sombreamento) devem estar ligadas na mesma fileira e esta, por sua vez, ao inversor de fileira. Há uma maior adaptação individual do ponto de potência máximo de cada fileira, uma vez que os módulos não apresentam necessariamente todas as mesmas condições. Outra vantagem face aos inversores centrais é, em caso de avaria de uma fileira, a energia produzida nas restantes continua a ser entregue. Estas vantagens conduzem a uma solução de custo mais reduzido e a um aumento de eficiência energética da instalação, assim como da fiabilidade



Figura 15 - Esquema de ligação de módulos a um Inversor em fileira.[12]

## 2.8 BATERIAS

Este equipamento, também denominado de acumulador de carga, é somente usado para sistemas isolados autónomos, pois os valores de consumo diário não coincidem com os de produção por parte de sistema PV. Para se evitar perdas de produção, são então utilizadas baterias de armazenamento pois são capazes de transformar directamente energia eléctrica em energia potencial química e posteriormente converter, directamente, a energia potencial química em eléctrica.

Cada bateria é composta por um conjunto de células electroquímicas, ligadas em série, de modo a obter a tensão eléctrica desejada.

Para uma instalação PV são geralmente utilizadas, as baterias de alta profundidade de carga, as quais apresentam longos tempos de vida útil, em condições de carga e descarga diária e uma elevada eficiência mesmo para baixas correntes de carga. A sua maior limitação é o facto de terem de ser operadas dentro de limites bem definidos, uma vez que são susceptíveis a danos, em determinadas condições tais como sobrecarga e subcarga, permanecendo durante longos períodos de tempo num baixo estado de carga. No entanto, caso as suas condições de funcionamento sejam favoráveis, estas poderão durar até 15 anos em configurações de sistemas autónomos (Seeling-Hochmuth, 1998).

### TIPOS DE BATERIAS

#### 2.8.1 Baterias de Prata-Zinco (AgZn)

A composição tem por base uma solução de hidróxido de potássio que funciona como electrólito, gerando uma reacção exotérmica com a libertação de gases. Este tipo de

baterias apresenta uma densidade de energia (75 Wh/kg) considerável e uma elevada fiabilidade, o que faz com que o custo seja necessariamente elevado.

Não são muito atractivas do ponto de vista comercial pelo seu preço, mas também por apresentarem uma composição com base em materiais bastantes perigosos. São utilizadas na sua grande maioria na indústria militar e aeroespacial (Rosemback, 2004).

### **2.8.2 Baterias de Iões de Lítio (Li- ion)**

Apresentam a disponibilidade de picos de densidade de energia, bastante elevados (> 100 Wh/Kg) e uma eficiência mais elevada do que a das baterias à base de chumbo ou níquel. Contudo, o seu tempo de vida útil é menor, sendo por isso utilizadas em aparelhos electrónicos de menor dimensão, tais como telemóveis e computadores portáteis.

Para além disso, necessitam de um controle de carga preciso, devido à baixa tolerância à sobrecarga. Durante a descarga, se a tensão da célula descer abaixo dos 2,5 V, a bateria pode ficar permanentemente danificada. O custo destas baterias é inferior às de AgZn, mas mesmo assim elevado.

### **2.8.3 Baterias de Níquel-Cádmio (NiCd)**

São compostas por um ânodo metálico de cádmio, um cátodo de óxido de níquel e um electrólito de hidróxido de potássio. Apresentam uma densidade de energia (50Wh/Kg) maior que a de chumbo ácido, bem como uma vida útil maior. A sua longa durabilidade está associada ao material utilizado, no fabrico das placas aço sólido relativamente imune aos agentes químicos onde estão imersas, mantendo inalterada a integridade mecânica e a condutividade eléctrica da célula. São habitualmente utilizadas em aparelhos domésticos.

Possuem também uma menor susceptibilidade à variação de temperatura, quando comparadas com as baterias de chumbo ácido.

A grande desvantagem destas baterias é a diminuição da capacidade de recarga ao longo da sua vida útil, sendo necessário utilizar controladores de carga dispendiosos. Para além

de serem afectadas pelo “efeito memória”, os seus impactos a nível ambiental podem ser consideráveis, uma vez que têm na sua composição cádmio, um metal altamente tóxico. (Martins, 2007).

#### **2.8.4 Baterias Níquel-Metal Hidreto (NiMH)**

São consideradas com uma extensão da tecnologia da bateria de NiCd mas em vez de utilizarem como ânodo o cádmio, utilizam um hidreto metálico. Não apresentam um “efeito memória” mas exigem elevados custos. Apresentam também como desvantagem, uma baixa capacidade de fornecer picos de corrente e têm um risco elevado de ficar inutilizável, devido a sobrecargas e a uma taxa de auto descarga, relativamente elevado.

#### **2.8.5 Baterias de Chumbo Ácido (Pb-Ácido)**

As baterias de chumbo ácido são fabricadas da mesma forma há várias décadas pelo que é uma tecnologia bem dominada. Apresentam uma elevada fiabilidade, disponibilidade e vida útil justificando o sucesso desta tecnologia em várias áreas de aplicação. Apresentam também um elevado rendimento na ordem dos 85%. Os inconvenientes são a sua baixa densidade de energia (35 Wh/Kg) e o volume de ocupação, assim como o seu peso considerável (Roseback, 2004).

O tipo de baterias usuais para uma instalação PV são as de Chumbo Ácido pelo que, serão um pouco mais aprofundadas. São compostas por placas positivas de dióxido de chumbo, placas negativas de chumbo e pelo electrólito-ácido sulfúrico. A equação seguinte representa o processo de carga/descarga destas baterias.

Durante o processo de descarga (sentido esquerda-direita da equação) há a formação de sulfato de chumbo e água. Em sentido inverso dá-se o processo de carga onde por vezes podem ocorrer sobrecargas, que podem dar origem à formação de hidrogénio e oxigénio no estado gasoso, levando conseqüentemente à perda de água. A actual tecnologia permite a construção de separadores que convertem estes gases em água. [1]

## 2.9 CONTROLADOR

Os controladores têm como função evitar descargas da bateria, assim como medir a tensão da mesma, de modo a evitar eventuais sobrecargas causadas pelos painéis PV. Para que seja possível o melhor desempenho por parte de um sistema autónomo, é desejável que a tensão do painel seja superior à da bateria, a temperatura afeta a tensão de saída dos módulos e, como tal, é desejável que para altas temperaturas a tensão gerada seja também suficientemente elevada para possibilitar a carga das baterias. Para valores baixos de temperatura, é conveniente garantir que a tensão do painel fotovoltaico não supere a tensão de carga da bateria.

Os controladores de carga são compostos por um circuito de controlo e outro de comutação. Tendo em conta que a tensão máxima de carga e mínima de descarga da bateria dependem do seu estado de carga, o circuito de controlo monitoriza a tensão, corrente e também a temperatura da bateria, processando essas informações e gerando sinais de controlo para o circuito de comutação. [13]

O controlador On/Off assegura a monitorização do nível de carga através de um relé responsável pelo acoplamento das baterias ao sistema. Quando a carga atinge o nível máximo, o circuito eléctrico de carga é interrompido através da abertura do relé. A desvantagem deste controlador prende-se com as oscilações do nível de tensão provocadas pelas comutações do relé. [9]

O controlador PWM é o tipo mais usado em sistemas fotovoltaicos. Regula o ciclo de carga das baterias sempre a uma tensão ou corrente constante. Normalmente a tensão de carga é constante, enquanto a corrente varia de forma a evitar o aquecimento e a produção de gases das baterias. Desta forma, o carregamento é bastante eficiente, rápido e não prejudicial para as baterias. [9]

O controlador MPP coloca o sistema fotovoltaico a funcionar no ponto ideal, ou seja, a potência fornecida pelo gerador é sempre máxima. Possui um sistema de rastreio que tem como função encontrar o ponto de funcionamento ideal. Após este procedimento é realizado o ajuste da carga vista pelo painel fotovoltaico. Devido ao nível de sofisticação, o seu preço é o mais elevado de entre todos os controladores, o que limita a sua utilização.

### 3 SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS

As instalações de energia fotovoltaica, como meio conversor directo da radiação do Sol em electricidade, úteis para o consumo, podem agrupar-se em três tipologias, em função das suas aplicações generalizadas. O regime de exploração dos sistemas de produção descentralizada de energia é:

- Sistemas isolados ou autónomos, com e sem armazenamento;
- Sistemas híbridos em conjugação com mais de uma fonte de energia para além da fotovoltaica;
- Sistemas de ligação à rede.

Os sistemas fotovoltaicos, isolados ou com associação de outras fontes de energia renováveis, são já competitivos para a alimentação de certos locais ou equipamentos remotos (Ex: Bombas de água), onde as soluções alternativas convencionais (gerador a diesel ou rede eléctrica) apresentam inconvenientes ambientais consideráveis e são inferiores do ponto de vista económico (Patrício, 2014). No caso dos sistemas fotovoltaicos ligados à rede, a situação é bastante diferente, pois estes estão ainda longe de serem competitivos, mesmo quando comparados com outras fontes de energia renováveis (Freitas, 2008).

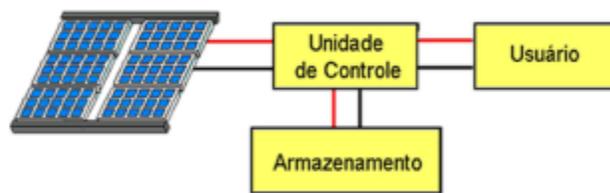


Figura 16 - Configuração básica de um sistema fotovoltaico.[6]

#### 3.1 SISTEMAS ISOLADOS OU AUTÓNOMOS

Considera-se instalação “isolada” quando a energia é produzida e consumida por quem a está a produzir. Tal como sugere o próprio nome, pelo facto de ser “isolado” indica que não está ligado à rede de distribuição, sendo desta forma totalmente independente da mesma.

Nestes tipos de sistemas, o dimensionamento do painel PV é efetuado com base no mês em que verifica a radiação solar menor. Para além dos módulos, é também necessário, tendo em conta a utilização a que o sistema está destinado, uma ou várias baterias de modo a assegurar a alimentação contínua dos consumos, nos períodos em que a radiação solar não está disponível. Também é necessário um controlador, para efectuar a gestão da carga da bateria. No caso de haver cargas a alimentar em corrente alternada (CA) deve ser também colocado um inversor.

Este tipo de sistema não é aconselhado, caso existam consumos elevados, pois vai encarecer em muito o projecto, principalmente devido às baterias requeridas. Dependendo do tipo de cargas a alimentar os sistemas PV autónomos podem assumir uma ou mais configurações possíveis tal como se pode observar abaixo.[1]

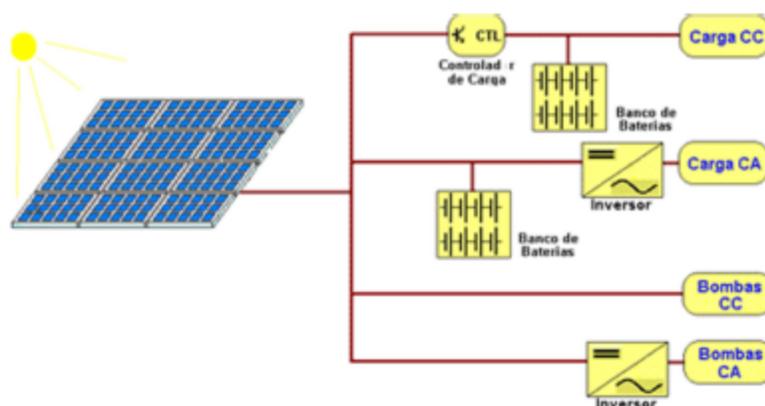


Figura 17 - Diagrama de sistemas fotovoltaicos em função da carga utilizada.[4]

O dimensionamento destas unidades deve ser efetuado de forma criteriosa, tendo em conta as necessidades de produção. Caso a instalação seja super dimensionada, o custo de implementação muito elevado pode levar, em alguns casos à inviabilização do projecto. Em sentido oposto, caso uma instalação seja subdimensionada, as necessidades de produção podem não ser satisfeitas da forma mais rentável e também levam a limitações de tecnologias.

### 3.2 SISTEMAS HÍBRIDOS

São sistemas desconectados da rede convencional e utilizam várias formas de geração de energia eléctrica, tais como, turbinas eólicas, sistemas geradores de diesel, módulos fotovoltaicos, entre outros. A variedade de formas de produção torna complexa a optimização do uso das energias.

Uma vez que os sistemas híbridos são explorados na ausência da rede eléctrica convencional, torna-se necessária a existência de um sistema de gestão e controlo das diferentes fontes de energia, de modo a satisfazer os consumidores e assegurar o menor custo de produção. Para tal é necessário maximizar a eficiência do sistema, em função do consumo e da disponibilidade dos recursos. Na figura 24 é apresentado o esquema típico de um sistema híbrido (Freitas, 2008).



Figura 18 - Exemplo de sistema híbrido.[5]

O estudo da conciliação entre duas fontes de energias renováveis, sendo uma delas a fotovoltaica, tem sido um dos temas mais investigados nesta área pois, em muitos locais do globo, pequenas localidades ou até mesmo postos ou indústrias isoladas, requerem algumas necessidades de electricidade que poderão ser suportadas pelo funcionamento de duas formas de produção de energia alternativa.

Um dos artigos estudados faz referência à investigação das necessidades de 12 pequenas localidades indianas localizadas na zona ocidente dos Himalaias. Apesar de serem zonas pouco ventosas, foi simulado a produção óptima/requerida de uma instalação fotovoltaica aliada a 7 microturbinas. Neste estudo conclui-se o potencial de produção de energia

elétrica por fonte fotovoltaica mas destaca-se a fragilidade das microturbinas de gerarem energia uma vez que têm maiores velocidades de corte do que as que existem nos locais de estudo. Existe a necessidade de desenvolver microturbinas adequadas para locais com pouco vento, para que juntamente com recursos solares possam despertar o interesse de utilização destas duas fontes de energia (Sinha & Chandel, 2017). Este estudo revelou que as conciliações entre as duas formas de produção face às características do local, nem sempre são fáceis de adequar.

### 3.3 SISTEMAS DE LIGAÇÃO À REDE

São sistemas que estão ligados à rede de distribuição onde injectam toda ou parte da energia produzida. Por norma, são compostos por um número considerável de módulos fotovoltaicos e não utilizam armazenamento de energia (bateria satisfazer todas as exigências, é necessário um inversor que converte a corrente contínua (CC) produzida pelos módulos, em corrente alternada (CA) exigida pela rede. As características do inversor têm de ser adequadas às exigências dos módulos PV e da rede de distribuição, de modo a que a energia produzida não seja comprometida e assegurando todas as questões de segurança.

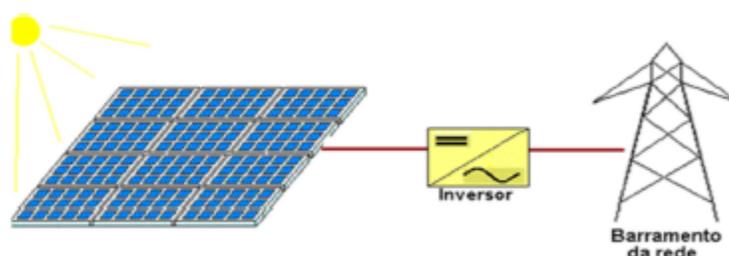


Figura 19 - Sistema ligado à rede.[5]

Existem diversas variáveis que podem condicionar a implementação deste tipo de unidade. Factor como a área disponível de instalação, localização geográfica, requisitos estéticos do edifício, condicionantes físicas (sombreamento) e disponibilidade financeira, são os mais importantes quando se pretende construir um sistema deste tipo (Freitas, 2008).

#### 4 CÁLCULO ELÉCTRICO

Ao projectar-se uma instalação fotovoltaica, há que ter em conta algumas medidas, que garantam o perfeito funcionamento dos painéis, ao mesmo tempo que se devem proteger os elementos básicos de modo a evitar sua deterioração.

Etapas de dimensionamento de uma central fotovoltaica

- ❖ Levanta de cargas a alimentar;
- ❖ Cálculo de número de painéis;
- ❖ Selecção das especificações do módulo fotovoltaico;
- ❖ Escolha do regulador de carga;
- ❖ Dimensionamento da capacidade e quantidade de baterias;
- ❖ Escolha do inversor;
- ❖ Dimensionamento de protecções.

##### Cálculo de número de painéis

O gerador FV é o que vai alimentar as cargas, mas também, como em qualquer sistema eléctrico, existem perdas. Estas podem ocorrer nas cablagens e no inversor. Para calcular o valor da capacidade de produção de energia no gerador FV, teremos de ter em conta os seguintes pontos:

Energia diária para alimentar as cargas – Wh/dia;

$K_{cab}$  - O factor de perdas nas cablagens;

$K_{inv}$  - O factor de perdas de conversão no inversor;

O factor de radiação é muito importante, pois afecta a eficiência dos painéis e influencia no cálculo de número de módulos na instalar no gerador fotovoltaico.

A radiação difere da região e época em que se transita, em Moçambique apresenta duas estação de ao logo do ano, verão e inverno.

- Verão (Setembro a marco) – altos níveis de radiação com valores de

➤ Inverno (Abril a agosto) – baixos valores de radiação.

$K_{radi}$  – Factor de radiação;

$$P_{PV} = \frac{W_D}{K_{cab} \times K_{radi} \times K_{inv}} \left[ \frac{Kwh}{dia} \right] \quad (4.1)$$

Onde:

$P_{PV}$  – Potência necessária para o módulo fotovoltaico;

$W_D$  – Energia total da instalação;

$K_{cab}$  – Factor de perdas nas cablagens;

$K_{inv}$  – Factor de perdas de conversão no inversor;

$K_{radi}$  – Factor de radiação;

#### Cálculo de número de módulos

$$N_{painés}^o = \frac{P_{Maxp}}{P_{mod}} \quad (4.2)$$

Onde:

$N_{painés}^o$  – Número de módulos fotovoltaicos;

$P_{Maxp}$  – Potência total com factor de sombreamento;

$P_{mod}$  – Potência nominais em cada módulo;

#### Número máximo por String

O número máximo de módulos que entram em cada inversor resulta do somatório das tensões individuais dos módulos que estão ligados em série numa fileira. Atendendo a que a tensão do módulo e por conseguinte, a tensão total do gerador fotovoltaico depende da temperatura, as situações operacionais extremas de Inverno, são determinantes para o dimensionamento.

$$V_{oc[TMin]} = V_{oc} + \frac{\Delta V\%^\circ C}{100} \times V_{oc} \times [T_{Min} - T_{STC}] [V] \quad (4.3)$$

$$N_{Mmin}^{\circ} = \frac{V_{MinInv}}{V_{oc[Tmin]}} \quad (4.4)$$

Onde:

$V_{oc[TMin]}$  – Tensão mínima do módulo à 80°C

$V_{oc}$  – Tensão em circuito aberto do módulo em condições STC

$\Delta V\%^{\circ}C$  – Variação da tensão por cada °C por %

$T_{Min}$  – Temperatura mínima ambiente

$T_{STC}$  – Temperatura padrão de teste

$V_{MinInv}$  – Tensão mínima do inversor

$N_{Mmin}^{\circ}$  – Número de módulos

### Número mínimo por String

A tensão aos terminais de um gerador fotovoltaico será menor no Verão face às condições de referência, devido às temperaturas a que está sujeito. Se a tensão de funcionamento do gerador for inferior à tensão MPP mínima do inversor, a eficiência global do sistema será consideravelmente inferior, podendo mesmo provocar o corte do inversor. Por este motivo, o sistema deverá ser dimensionado de forma que, o número mínimo de painéis ligados em série numa fileira derive do quociente entre a tensão mínima MPP de entrada do inversor e a tensão MPP do painel à temperatura de 70°C, como referido em [5].

$$V_{oc[TMax]} = V_{oc} + \frac{\Delta V\%^{\circ}C}{100} \times V_{oc} \times [T_{Max} - T_{STC}] [V] \quad (4.5)$$

$$N_{Mmax}^{\circ} = \frac{V_{MaxInv}}{V_{oc[Tmax]}} \quad (4.6)$$

Onde:

$V_{oc[TMax]}$  – Tensão máxima do módulo a 10°C

$V_{oc}$  – Tensão em circuito aberto do módulo em condições STC

$\Delta V\%^{\circ}C$  – Variação da tensão por cada °C por %

$T_{Max}$  – Temperatura máxima ambiente

$T_{STC}$  – Temperatura padrão de teste

$V_{MaxInv}$  – Tensão máxima do inversor

$N_{Mmin}^o$  – Número de módulos

### Dimensionamento de número de inversor

A escolha do inversor é mediante a potência de instalada, é também deve ter em conta a potência do mesmo inversor do inversor pois essa influencia do número de inversor a instalar na planta.

Há certo aspecto não menos importantes a ter em consideração na selecção do inversor:

- Baixa flutuação da tensão e frequência de saída;
- Alta eficiência;
- Capacidade de suportar curto-circuitos;
- Suportar sobreintensidade dos módulos.

$$N_{inversor}^o = \frac{P_{PV}}{P_{inv}} \quad (4.7)$$

Onde:

$P_{PV}$  – Potência de pico da instalação;

$P_{inv}$  – Potência nominal do inversor;

### Baterias

As baterias apresentam certo tempo de armazenamento, tensão de operação e certa eficiência de conservação e liberação de energia, a capacidade de armazenamento está em Amperes-hora (Ah), que depende no número de dias de autonomia pretendido, n. Para além disso, há que considerar a energia que é perdida através dos cabos e a profundidade de descarga ( $DoD$ ) das baterias.

$$C_A = \frac{W_D}{U} [Ah] \quad (4.8)$$

Onde:

$C_A$  – Consumo diário da instalação

$W_D$  – Energia consumida pela instalação

$U$  – Tensão nominal da bateria

### Determinação da Capacidade Instalada do Acumulador

A Capacidade do acumulador determina-se pela seguinte expressão:

$$C_{Ah} = C_A \times \frac{N_D}{K_{DOD} \times K_\eta} [Ah] \quad (4.9)$$

Onde:

$C_{Ah}$  – Energia total do acumulador

$K_{DOD}$  – Profundidade de descarga máxima;

$N_D$  – Número de dias de reserva;

$K_\eta$  – Eficiência da bateria

### Determinação de Número de Acumuladores

O número de acumuladores a intercalar no sistema obtém-se da seguinte expressão:

$$N_{Bat}^o = \frac{C_{Ah}}{I_{bat}} \quad (4.10)$$

Onde:

$N_{Bat}^o$  – Número de baterias

$C_{Ah}$  – Energia total do acumulador

$I_{bat}$  – Corrente da bateria

## **Dimensionamento de protecção e cabos dos circuitos**

### **Protecções de instalação**

#### **Fusível**

Serão usados fusíveis do tipo gFV em todas a instalação em DC, pois esses são os mais recomendados e usado em instalações de fotovoltaicos para evitarem curto-circuito e assim proteger a instalação contra efeitos maliciosos da instalação.

#### **DPS – Dispositivo de protecção contra surtos**

Dispositivos de protecção contra surtos ou descarregadores de sobretensão, tem a função de desviar a grande quantidade de energia que podem surgir na instalação seja por mau funcionamento dos módulos ou efeitos atmosféricos, reduzindo o pico de tensão nos terminais dos equipamentos. Podendo ser instalados em caixas de string, combiner box ou próximo ao inversor.

O DSP é constituído essencialmente por varistor. Varistor é um circuito não linear que varia sua resistividade através da tensão de alimentação, quanto maior é a tensão menos será a resistência.

## 5 PROJECTO ELÉCTRICO



Figura 20 - Planta da Heineken Mozambique – Terreno previsto para implementação [Google Map]

## LEVANTAMENTO DE CARGAS

ÁREA	DESIGNAÇÃO	Qty	$P_i(kW)$	$P_r(kW)$	$F_d$	$F_u$	$F_s$	$t_u$	$P_r(kWh)$
Linha de Enchimento	Linhas de Latas 330ml	1	166	166	0.5	0.87	0.9	3	194.967
	linha de garrafas 500ml1	1	266	266	0.5	0.87	0.9	3	312.417
	linha de garrafas 500ml2	1	280	280	0.5	0.87	0.9	4	438.48
	linha de garrafas 210ml	1	237	237	0.5	0.87	0.9	6	556.713
	linha de baris	1	15	15	0.5	0.85	0.9	4	22.95
Centro de tratamento de Água para o consumo	Bomba de Água quente	1	4	4	0.6	0.83	0.85	5	7.7605
	Bomba de Água de irrigação	2	4	8	0.6	0.83	0.85	3	9.3126
	Bomba de Água para boiler	2	4	8	0.6	0.83	0.85	4	12.4168
	Bomba de Água para o consumo	2	4	8	0.6	0.83	0.85	5	15.521
	Bomba de Água para o serviços	2	7.5	15	0.6	0.85	0.8	3	16.83
	Bomba de Furos	2	30	60	0.6	0.85	0.8	12	269.28
	Softwater	1	11	11	0.6	0.83	0.85	4	17.0731
	Back wash	4	11	44	0.6	0.85	0.8	5	82.28
	Motive Water	1	2.2	2.2	0.6	0.7	0.85	3	2.15985
Sala de Frio	Ventiladores de NH3	4	7.5	30	0.7	0.85	0.8	4	57.12
	Bomba de Alchol water	3	37	111	0.7	0.87	0.85	2	114.918
	Compressor de NH3 (1 e 2)	2	132	264	0.7	0.87	0.85	3	409.979
	Compressor de NH3 (3)	1	186	186	0.7	0.87	0.9	4	407.786
Sala de Máquinas	Dearator	4	4	16	0.7	0.85	0.8	2	15.232
	Boiler 1	2	30	60	0.7	0.85	0.8	3	85.68
	Compressor 1	1	90	90	0.7	0.85	0.8	4	171.36
	Compressor 2	2	55	110	0.7	0.87	0.9	2	120.582
Planta de recuperação de CO2	Recuperação de CO2	1	160	160	0.7	0.85	0.8	3	228.480
Fabricação	Sala de Fabricação	1	434.2	434.2	0.5	0.87	0.9	6	1020.010
Cellers	aramazenamento, limpezas	1	177.9	177.9	0.6	0.85	0.8	6	435.5240
BMF	Estação de filtração de cerveja	1	120	120	0.7	0.87	0.9	6	394.6320
WWTP	Centro de tratamento de águas negras	1	225	225	0.7	0.87	0.9	6	739.9350
Iluminação	Iluminação exterior	86	0.15	13	1	1	1	6	77.40
<b>TOTAL DE POTÊNCIA EM kWh</b>									<b>6236.8</b>

$$P_{PV} = \frac{W_D}{K_{cab} \times K_{radi} \times K_{inv}} \left[ \frac{Kwh}{dia} \right] \quad (5.1)$$

$$P_{PV} = \frac{6236800 Wh}{3,8 \times 0,98 \times 0,97} = 172655,974 \left[ \frac{Kwh}{dia} \right]$$

### Influência de sombreamento

$$P_{FV} = P_{PV} \times F_{somb} \quad (5.2)$$

$$P_{FV} = 172655,974 \times 1,3 = 2244521,466 W$$

### Cálculo de número de módulos

Já conhecida a potência de pico dos painéis com efeito de sombreamento, é possível calcular o número painéis a instalar, é só dividir pela potência nominal do módulo selecionado.

$$N_{painés}^o = \frac{P_{FV}}{P_{mod}} \quad (5.3)$$

$$N_{painés}^o = \frac{2244521,466}{700}$$

$$N_{painés}^o = 3206,459$$

$$N_{painés}^o \approx 3210$$

### Número máximo por String

Obtida a tensão máxima que o inversor apresenta, retirada do *datasheet* do mesmo, constatou que o inversor não pode receber um número de string acima de 16 string, pois isso pode condicionar o seu funcionamento chegando ao pode até de avariar.

$$V_{oc[\tau Min]} = V_{oc} + \frac{\Delta V\%^\circ C}{100} \times V_{oc} \times [T_{Min} - T_{STC}] [V] \quad (5.4)$$

$$V_{oc[\tau Min]} = 49,83 + \frac{-0,29}{100} \times 49,8 \times [-40 - 25] [V]$$

$$V_{oc[\tau Min]} = 59,223 V$$

$$N_{Mmin}^o = \frac{1000}{59,223} = 16,889 \quad (5.5)$$

**Número mínimo por String**

$$V_{oc[T_{Max}]} = V_{oc} + \frac{\Delta V\%{}^{\circ}C}{100} \times V_{oc} \times [T_{Max} - T_{STC}] [V] \quad (5.6)$$

$$V_{oc[T_{Max}]} = 41,78 + \frac{-0,29}{100} \times 41,78 \times [85 - 25] [V] \quad (5.7)$$

$$V_{oc[T_{Max}]} = 34,510 V$$

$$N_{Mmax}^{\circ} = \frac{450}{34,510} = 13,03 V \quad (5.8)$$

**Seleção de número de inversor**

Para que o desempenho de todo sistema seja eficiente é necessário que esteja em conexão todos elementos do sistema trabalhando como se fosse um.

A escolha do inversor é ditada pela potência instalada, assim para achar o número de inversores por instalar basta dividir pela potência nominal que o inversor apresenta.

$$N_{inversor}^{\circ} = \frac{P_{PV}}{P_{inv}} \quad (5.9)$$

$$N_{inversor}^{\circ} = \frac{2244521,466}{250000}$$

$$N_{inversor}^{\circ} = 8,978 \quad (5.10)$$

$$N_{inversor}^{\circ} \approx 9$$

**Baterias**

É imprescindível a montagem de um banco de bateria no sistema que pretende ser instalado nesse projecto, pois vão suprir a demanda da carga na falta de produção de energia pelos módulos no período da noite e nos dias sem radiação solar.

$$C_A = \frac{W_D}{V} [Ah] \quad (5.11)$$

$$C_A = \frac{6236,8}{48}$$

**Determinação da Capacidade Instalada do Acumulador**

$$C_{Ah} = C_A \times \frac{N_D}{\kappa_{DOD} \times \kappa_\eta} [Ah] \quad (5.12)$$

$$C_{Ah} = C_A \times \frac{3}{0,8 \times 0,85}$$

$$C_{Ah} = 573,235 \text{ KAh}$$

**Determinação de Número de baterias**

$$N_{Bat}^o = \frac{C_{Ah}}{I_{bat}} \quad (5.13)$$

$$N_{Bat}^o = \frac{573,235 \text{ KAh}}{200 \text{ Ah}} = 2866,175$$

$$N_{Bat}^o = 2867$$

**Dimensionamento de cabos e protecções**

Um dos pontos chaves no dimensionamento de um sistema fotovoltaico é achar a secção dos cabos que farão a transferência de potência eléctrica no sistema, tudo percurso de chegar no consumo.

Para o dimensionamento desses condutores será feito segundo o algoritmo abaixo:

Calcular o:

$$I'_z \rightarrow I'_z = I_z \times F_{RS} \times F_{AC} \quad (5.14)$$

$I_z$  – Valor achado na tabela A4 – 3 no Anexos 4.

$F_{RS}$  – Factor de resistividade térmica;

$F_{AC}$  – Factor de agrupamentos dos cabos;

Verificar as condições

$$\text{Primeira condição: } I'_z > I_n \quad (5.15)$$

$$\text{Segunda condição: } I'_z > I_b \quad (5.16)$$

**Módulos fotovoltaicos até a String Box**

$$1,5I_{cc} \leq I_n \leq 2,4I_{cc} \quad (5.17)$$

$$15 \times 17,82 \leq I_n \leq 2,4 \times 17,82$$

$$26,73 \leq I_n \leq 42,77$$

Protecção: Fusível gPV

Calibração de fusível: 32A

Os módulos fotovoltaicos já vêm com um quite de cabo de  $4\text{mm}^2$ , será esse que vai ser usado no projecto.

**String Box até Combiner Box**

Percurso: das String Box até Combiner Box

$$I_{cc} = 17,8A$$

$$I_{b1} = 4 \times I_{cc} \rightarrow 4 \text{ corresponde ao nr de Strings que cada caixa contém}$$

$$I_{b1} = 4 \times 17,8$$

$$I_{b1} = 71,28A$$

$$1,5I_{b1} \leq I_n \leq 2,4I_{b1} \quad (5.18)$$

$$15 \times 71,28 \leq I_n \leq 2,4 \times 71,28$$

$$89,1 \leq I_n \leq 171,072$$

Protecção: Fusível gPV

Calibração de fusível: 100A

Secção do cabo:  $25\text{mm}^2$

**Combiner Box até ao Inversor**

Percurso: Combiner Box vai para o regulador de carga, vai para baterias e para o inversor.

$$I_{b1} = 71,28A$$

$I_{b2} = 6xI_{cc} \rightarrow 6$  corresponde ao nr de string boxes que chegam no combiner box

$$I_{b2} = 6x71,28$$

$$I_{b2} = 427,68A$$

$$1,5I_{b1} \leq I_n \leq 2,4I_{b1} \quad (5.19)$$

$$15x427,68 \leq I_n \leq 2,4x427,68$$

$$513,216 \leq I_n \leq 1026,432$$

Protecção: Fusível gPV

Calibração de fusível: 530A

Secção do cabo: 240 mm<sup>2</sup>

#### Dimensionamento de Controlador de carga

O regulador de carga é dimensionado em função da corrente que o conjunto de módulos fornece a Combiner Box, tendo em conta que a corrente do regulador deve ser maior que a corrente que gerada pelos módulos, assim a corrente na saída do combiner box é de 427,68A. A selecção do regulador vai ser baseada no valor de calibração do fusível sendo esse de 530A.

No mercado existem controladores de até 200A. Para suprimir a demanda de corrente serão ligados 3 reguladores em paralelo, suprimindo assim a demanda de corrente do sistema.

$$I_{b2} = 6x71,28$$

$$I_{controlador} = 427,68A$$

$$I_{protecção} = 530A$$

Características do regulador em Anexos A5.1.

## 6 ORÇAMENTO

Todavia este projecto é economicamente viável isto é a longo prazo no que diz respeito ao tempo de retorno do valor inicial de investimentos atendendo e considerando que a Heineken até o ano 2030 pretende eliminar emissões de carbono no ecossistema daí que o custo poderá ficar mesmo para ser suprido sem sombra de duvida pela parte requerente. Abaixo vem uma descrição de componentes básicas para se ter uma estimativa de no que tange a avaliação económica do projecto acima mencionado.

AVALIAÇÃO ECONÓMICA DO PROJECTO				
Nº	DESCRIÇÃO	QTY	PREÇO UNITARIO USD	PREÇO TOTAL USD
1	PAINEL SOLAR	3210	133	426930
2	INVERSOR	9	152	1368
3	BATERIA	2867	125	358375
4	CONTROLADOR DE CARGA	9	85	765
5	Fusiveis 25A	402	3	1206
6	Fusiveis 100A	108	6	648
7	Fusiveis 550A	9	10	90
TOTAL				789382
VARIÇÕES 10%				78938.2
TOTAL				868320.2

## **7 CONCLUSÃO**

Ao decorrer do estágio pode desenvolver novas habilidades práticas e confrontar com os conhecimentos que adquiri durante o curso, foi nesse período em que ficou claro um dos grandes problemas que a fábrica Heineken Moçambique enfrenta que é o preço de energia. Devido a esse motivo pensei em propor uma melhor forma de conduzir a empresa a ganhos maior, de forma eficiente, segura e com ganhos ambientais.

Como abordagem do trabalho em curso é certa a aposta pela energia verde em Moçambique, sobre tudo a energia fotovoltaica pois, sendo que o país apresenta condições de temperatura e radiação muito favorável para a implementação da mesma.

Assim com os gastos altos que a Heineken vem gastando com o preço de energia o presente projecto deixa sem margens de dúvida que a implementação de uma central fotovoltaica é uma escolha muito boa, tendo em conta as condições de energia em que a fábrica esta a registar no momento.

O maior problema que dificulta a implementação do projecto fotovoltaico é o preço de execução do mesmo que é elevado. Assim contando com o tempo de vida útil da instalação esse se torna uma boa opção.

### **Recomendações**

Para um bom dimensionamento de um projecto fotovoltaico é muito necessário escolher com cautela o tipo de central a instalar, realizando um bom levantamento de carga e considerar a selecção do inversor como uma das bases da criação de um projecto fotovoltaico.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- [1] FREITAS, Susana.; *Dimensionamento de sistema fotovoltaico*; Portugal, 2008
- [2] OVELHA, Rui.; *Projecto, Dimensionamento e Instalação de Solução Fotovoltaica numa moradia offgrid*; Lisboa – Portugal; 2017
- [3] TAVERNARI, Vitor.; *Projectos avançado de energia solar para geração distribuída*; São Paulo – Brazil; 2020;
- [4] PEREIRA, Filipe e OLIVEIRA.; *Manual – Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaico*. 2ª edição; 2015, Porto – Portugal;
- [5] GREENPRO.; *Energia Fotovoltaica – Manual sobre Tecnologias, Projecto e Instalação*, 2004;
- [6] PELLEGRINI, Lucas.; *Projecto de usina fotovoltaica de 5 MWp em São Luiz do Purunã*; Brasil, 2019;
- [7] ABB Ltd.; *Documento técnico de aplicações - Centrais fotovoltaicas*; Switzerland, 2019;
- [8] <https://www.sevensensor.com/es/sensores-de-temperatura-para-plantas-fotovoltaicas>; 20 de Maio de 2023;
- [9] ALVES, Vitor.; *Dimensionamento de sistemas de produção de electricidade baseados em energia solar fotovoltaica*; FEUP – Portugal, Junho de 2008;
- [10] VILLALVA, Marcelo.; *Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações*, 1. Ed. São Paulo, 2012;
- [11] VALLÊRA, A.M. e M. C. BRITO.; *Meio Século de História Fotovoltaica*, *Gazeta de Física*; Portugal, 2006.
- [12] NEOSOLAR.; *inversor grid tie*.  
<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/inversor-grid-tie/> Consultado a: 8 de Junho de 2017.
- [13] OLIVEIRA, L. d.; *Dissertação - Conversor CC-CC Bidirecional Buck-Boost Atuando como Controlador de Carga de Baterias em um Sistema Fotovoltaico*;  
[http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/220/8/MONOGRAFIA\\_Conversor%20cc\\_cc%20Bidirecional.pdf](http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/220/8/MONOGRAFIA_Conversor%20cc_cc%20Bidirecional.pdf) ; Consultado a: 26 de Fevereiro de 2017.

[14] FILHOS, João.; *Instalações eléctricas industriais*; 9ª Edição; Brasil. 2012;

[15] RITIEBT,.; *Regras Técnicas de Instalações Eléctricas de Baixa Tensão.*; , Direcção Geral de Energia, (2005)

N.B.: Para a busca destes materiais usei o canal chines Allibaba onde consegui cotações em tempo recorde.

# ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DOS MODULOS



Figura A1-1: Módulo fotovoltaico



Figura A1-2: - Características técnicas do Módulo selecionado

ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS DOS INVERSORES



Figura A2-1: Características do Inversor

Tabela A2-2: Características do Inversor

Technical data and types			
Type designation	PVS800-57-0100kW-A 100 kW	PVS800-57-0250kW-A 250 kW	PVS800-57-0500kW-A 500 kW
<b>Input (DC)</b>			
Recommended max input power ( $P_{in}$ ) <sup>1)</sup>	120 kW <sub>p</sub>	300 kW <sub>p</sub>	600 kW <sub>p</sub>
DC voltage range, mpp ( $U_{DC}$ )	450 to 750 V (- 825 V*)	450 to 750 V (- 825 V*)	450 to 750 V (- 825 V*)
Maximum DC voltage ( $U_{DC,max}$ )	900 V (1000 V <sup>2)</sup> )	900 V (1000 V <sup>2)</sup> )	900 V (1000 V <sup>2)</sup> )
Maximum DC current ( $I_{DC,max}$ )	245 A	600 A	1145 A
Voltage ripple	< 3%	< 3%	< 3%
Number of protected DC inputs (parallel)	1 (+/-) / 4 <sup>3)</sup>	2 (+/-) / 8 <sup>3)</sup>	4 (+/-) / 16 <sup>3)</sup>
<b>Output (AC)</b>			
Nominal AC output power ( $P_{N,AC}$ )	100 kW	250 kW	500 kW
Nominal AC current ( $I_{N,AC}$ )	195 A	485 A	965 A
Nominal output voltage ( $U_{N,AC}$ ) <sup>4)</sup>	300 V	300 V	300 V
Output frequency <sup>4)</sup>	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Harmonic distortion, current <sup>5)</sup>	< 3%	< 3%	< 3%
Power factor compensation (cosφ)	Yes	Yes	Yes
Distribution network type <sup>6)</sup>	TN and IT	TN and IT	TN and IT
<b>Efficiency</b>			
Maximum <sup>7)</sup>	98.0%	98.0%	98.6%
Euro-eta <sup>8)</sup>	97.5%	97.6%	98.2%
<b>Power consumption</b>			
Own consumption in operation	< 350 W	< 300 W	< 600 W
Standby operation consumption	< appr. 55 W	< appr. 55 W	< appr. 55 W
External auxiliary voltage <sup>9)</sup>	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz	230 V, 50 Hz
<b>Dimensions and weight</b>			
Width / Height / Depth, mm (W / H / D)	1030 / 2130 / 644	1830 / 2130 / 644	3030 / 2130 / 644
Weight appr.	550 kg	1100 kg	1800 kg

<sup>1)</sup> Inverter limits the power to a safe level  
<sup>2)</sup> Optional MCB inputs, 80 A each  
<sup>3)</sup> Grid voltage (+/- 10%)  
<sup>4)</sup> Grid frequency (48 to 63 Hz)  
<sup>5)</sup> At nominal power  
<sup>6)</sup> 300 V output must be IT type  
<sup>7)</sup> Without auxiliary power consumption at 450 V  $U_{DC}$   
<sup>8)</sup> 115 V, 60 Hz optional  
<sup>9)</sup> Max 1000 V<sub>DC</sub> input voltage as an option with mpp range 450 to 825 V. If DC is > 1000 V<sub>DC</sub> inverter is not damaged, but will not start.

2 ABB solar inverters | Product flyer for PVS800

ANEXO 3. CARACTERÍSTICAS DE BATERIAS



Figura A 3-1: Características da Bateria

## ANEXO 4. CARACTERÍSTICAS DOS FUSIVEIS

Tabela A4-1: Características dos corta- circuito fusíveis

Quadro VI

## Características dos corta-circuitos fusíveis

(Artigo 134.º - Comentário 2)

Intensidade nominal ( $I_n$ )	Intensidade convencional de não fusão ( $I_{np}$ )	Intensidade convencional de fusão ( $I_f$ )
Igual ou inferior a 6 A	$1,5xI_n$	$2,1xI_n$
Superior a 6 A e igual ou inferior a 10 A	$1,5xI_n$	$1,9xI_n$
Superior a 10 A e igual ou inferior a 25 A	$1,4xI_n$	$1,75xI_n$
Superior a 25 A	$1,3xI_n$	$1,6xI_n$

Quadro VII

## Características dos corta-circuitos fusíveis

(Artigo 134.º - Comentário 2)

Intensidade nominal (A)	Intensidade convencional de não fusão (A)	Intensidade convencional de fusão (A)
2	3	4
4	6	8
6	9	13
8	12	16
10	15	19
12	17	21
15	21	26
16	22	28
20	28	35
25	35	44
30	39	48
32	41	51
40	52	64
50	65	80
60	78	96
63	82	101
80	104	128
100	130	160
125	162	200
160	208	256
200	260	320
250	325	400
315	410	504
400	520	640
500	650	800
530	820	1008

## ANEXO 5. CARACTERÍSTICAS DOS Factores de Correção

Tabela A5-1: Factores de correção

Factores de correção para agrupamentos de cabos enterrados em esteira horizontal, distanciados de, pelo menos, 0,20 m

Número de cabos ou de canalizações	Factor de correção
1	1,00
2	0,85
3	0,78
4	0,72
6	0,62
≥ 9	0,55

Tabela A5-2: Resistividade Térmica

Resistividade térmica do terreno (K.m/W)	Factor de correção	Observações	
		Humidade	Natureza do terreno
0,40	1,25	Cabo imerso	Lodo
0,50	1,21	Terreno muito húmido	Areia
0,70	1,13	Terreno húmido	Argila e Calcário
0,85	1,05	Terreno normal	
1,00	1,00	Terreno seco	
1,20	0,94	Terreno muito seco	Cinzas
1,50	0,86		
2,00	0,76		
2,50	0,70		
3,00	0,65		

## ANEXO 6. CARACTERÍSTICAS DAS CORRENTES ADMISSÍVEIS

Tabela A6-1: Correntes admissíveis

## [E] QUADRO 52-C11

Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência E, F e G  
(de acordo com o quadro 52H)

Condutores isolados a polietileno reticulado (XLPE) ou etileno-propileno (EPR), para:

- cobre
- temperatura da alma condutora: 90°C
- temperatura ambiente: 30°C

Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Cabos multicondutores		Cabos monocondutores				
	Dois condutores carregados <sup>(1)</sup>	Três condutores carregados <sup>(1)</sup>	Dois condutores carregados	Três condutores carregados em triângulo	Três condutores carregados em esteira		
					Sem afastamento <sup>(2)</sup>	Com afastamento <sup>(2)</sup>	
					Horizontal	Vertical	
Mét. ref.⇒	E	E	F	F	F	G	G
Coluna.⇒	1	2	3	4	5	6	7
1,5	26	23	-	-	-	-	-
2,5	36	32	-	-	-	-	-
4	49	42	-	-	-	-	-
6	63	54	-	-	-	-	-
10	86	75	-	-	-	-	-
16	115	100	-	-	-	-	-
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	-	-	940	823	868	1 085	1 008
500	-	-	1 083	946	998	1 253	1 169
630	-	-	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362

(1) - Para  $S \leq 16 \text{ mm}^2$ , admitiu-se que os condutores eram de secção circular e para  $S > 16 \text{ mm}^2$ , de secção sectorial (aplicável também a condutores de secção circular).

(2) - Afastamento não inferior ao diâmetro exterior do cabo monocondutor ( $D_e$ ).

## ANEXO 7. CARACTERÍSTICAS DO CONTROLADOR DE CARGA

Tabela A7-1: Característica do controlador

Model	MPPT solar charger	MSC-600-50	MSC-600-100	MSC-600-200
Match solar panel parameters	Solar panels power	33000Wp	66000Wp	132000Wp
	Max. Power voltage range $V_{mp}$	DC500V~DC900V		
	Open circuit Voltage $V_{oc}$	< DC1150V		
	Over voltage protection $V_{over-pv}$	DC1150V		
	Low voltage protection $V_{low-pv}$	> Battery Low voltage protection (Settable)		
Charging characteristics	Applicable battery type	Sealed lead-acid battery, colloidal lead-acid battery, open lead-acid battery (you can customize parameters to charge other types of batteries)		
	Battery rated voltage	DC600V		
	Start charging $V_{start-pv}$	$V_{pv} > V_{bat}$		
	Floating voltage	DC725V (Settable)		
	Battery Low voltage protection	Settable		
	Rated charging current	50A	100A	200A
	Over current protection	60A	120A	240A
Charging mode	Three stages: constant current (fast charging), constant pressure, floating charging			
Display \ communication	Display mode	Touch screen		
	Communication protocol	Modbus RTU / Modbus TCP		
	Communication mode	RS485 / USB / Wifi / GPRS / RJ45 / CAN (optional)		
	App cloud monitoring	Support Wifi / GPRS / Ethernet		
Other features	Protection function	Input and output overvoltage and undervoltage protection, anti reverse connection protection, etc		
	MPPT efficiency	≥99.5%		
	Cooling Mode	Fan		
	Working environment temperature	-20℃~+50℃		
	Storage temperature	-40℃~+75℃		
	IP protection level	IP20 (customizable outdoor IP65)		

## ANEXO 8. ACTAS DE ENCONTRO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Acta de Encontros

Nome do estudante: Gumane João Vasco

Referência do tema: \_\_\_\_\_2023ELEPPL04\_\_\_\_\_

## 1. AGENDA

Apresentação do Termo de Atribuição do Tema ao Supervisor (TAT)

--

## 2. PRESENCAS

Supervisor	Msc. Anacleto João Albino, Eng.
Estudante	João Vasco Gumane

## 3. RESUMO DE ENCONTRO

Melhoria do TAT de modo a clarificar os objectivos e melhorar a solução a implementar

No sistema do projecto.

--

## 4. RECOMENDACOES

Disponibilização de novas matérias didácticas de suporte para o estudante

--

## 5. OBSERVAÇÕES

--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

27.03.2023

--	--

## ANEXO 9. ACTAS DE ENCONTRO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Acta de Encontros

Nome do estudante: Gumane João Vasco

Referência do tema: \_\_\_\_\_ 2023ELEPPL04 \_\_\_\_\_

## 1. AGENDA

Entrega do TAT e apresentação da revisão bibliográfica com a metodologia a usar

## 2. PRESENCAS

Supervisor	Msc. Anacleto João Albino, Eng.
Estudante	João Vasco Gumane

## 3. RESUMO DE ENCONTRO

Aceitação dos termos propostos pelo estudante e permissão para continuar com o desenvolvimento do relatório.

## 4. RECOMENDAÇÕES

## 5. OBSERVAÇÕES

## 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

03.04.2023

## ANEXO 10. ACTAS DE ENCONTRO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Acta de Encontros

Nome do estudante: Gumane João Vasco

Referência do tema: \_\_\_\_\_ 2023ELEPPL04 \_\_\_\_\_

## 1. AGENDA

Apresentação da evolução do trabalho e dificuldades existentes

## 2. PRESENÇAS

Supervisor	Msc. Anacleto João Albino, Eng.
Estudante	João Vasco Gumane

## 3. RESUMO DE ENCONTRO

Fornecimento de novas bibliografias.

## 4. RECOMENDACOES

Desenvolver desenhos da implantação do sistema Fotovoltaico.
--

## 5. OBSERVAÇÕES

--

## 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

01.05.2023
------------

## ANEXO 11. ACTAS DE ENCONTRO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Acta de Encontros

Nome do estudante: Gumane João Vasco

Referência do tema: \_\_\_\_\_ 2023ELEPPL04 \_\_\_\_\_

## 1. AGENDA

Realização do relatório final e entrega da resposta final.

## 2. PRESENCAS

Supervisor	Msc. Anacleto João Albino, Eng.
Estudante	João Vasco Gumane

## 3. RESUMO DE ENCONTRO

Fazer desenho referindo a montagem do ATS devido a existência de outra fonte de Alimentação já existente na empresa.

## 4. RECOMENDACOES

Desenvolver o trabalho em PowerPoint para apresentação e enviar ao supervisor.

## 5. OBSERVAÇÕES

## 6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

## ANEXO 12. RELATÓRIO DE PROGRESSO



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

Relatório de Progresso

Nome do estudante: Gumane João Vasco

Referência do tema: \_\_\_\_\_ 2023ELEPPL04 \_\_\_\_\_

Data: \_\_26\_\_ / \_\_05\_\_ / \_\_2023\_\_

Título do tema: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTÁICO PARA ALIMENTAR A EMPRESA HEINEKEN

## 1. ACTIVIDADES PLANIFICADAS

ACTIVIDADE	PRAZO PREVISTO
Apresentação do Termo de Atribuição do Tema ao Supervisor (TAT);	21.03.2023
Entrega do TAT e apresentação da Revisão Bibliografia e metodologia a usar;	27.03.2023
Apresentação da evolução do trabalho e dificuldades existentes;	03.04.2023
Desenhos da planta e modo de instalação do projecto;	18.04.2023
Revisão e melhoramento do trabalho;	10.05.2023
Realização do relatório final, apresentação e entrega da proposta final.	22.05.2023

## 2. CONTROLE DE EXECUÇÃO

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RUBRICA
1	13.03.2023	75	Melhorar introdução e resumo, com contextualização clara	
2	28.03.2023	100	Melhorar a estrutura do TAT	

3	04.04.2023	15	Correcções autográficas e melhoramento dos textos	
	28.04.2023	100	Apresentação do melhor trajecto	
4	02.05.2023	75	Colocação dos dados numa tabela para facilitar a compreensão do leitor.	
5	14.05.2023	50	Uso de <i>Online do sundata</i> e <i>Cresesb</i>	
	18.05.2023	60	Rectificação do resumo e apresentação de conclusões verificar os desenhos.	
	26.05.2023	100	Ultima revisão e classificação do supervisor entrega.	

## ANEXO 13. GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

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

Nome do estudante: Gumane, João Vasco

Referência do tema: 2023ELEPPL04 Data: 28/05/2023

Título do tema: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTÁICO PARA ALIMENTAR A EMPRESA HEINEKEN MOÇAMBIQUE BOBOLE

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

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
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

## ANEXO 14. GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Secção 2 subtotal(max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
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					
<b>Secção 3 subtotal(max: 30)</b>										

<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 correta, referências, etc)	1	2	3	4	5
<b>Secção 4 subtotal(max: 20)</b>					

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

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 15. GUIA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

**FICHA 2 DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE**

(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Gumane João VascoReferência do tema: 2023ELEPPL04 Data: 26/05/2023Título do tema: DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ALIMENTAR A EMPRESA HEINEKEN MOÇAMBIQUE BOBOLE

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

## ANEXO 16. GUIA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

<b>Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>Total de pontos (max: 35)</b>					

<b>Valor do classificador</b>	<b>Cotação obtida</b>	<b>Significado</b>
	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)

<b>Total de pontos (max: 35)</b>	
----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*20/35)</b>	
----------------------------	--

## ANEXO 17. GUIA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL**

Nome do estudante: \_\_\_\_\_

Referência do tema: \_\_\_\_\_ Data: \_\_/\_\_/\_\_\_\_

Título \_\_\_\_\_ do \_\_\_\_\_ tema: \_\_\_\_\_

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

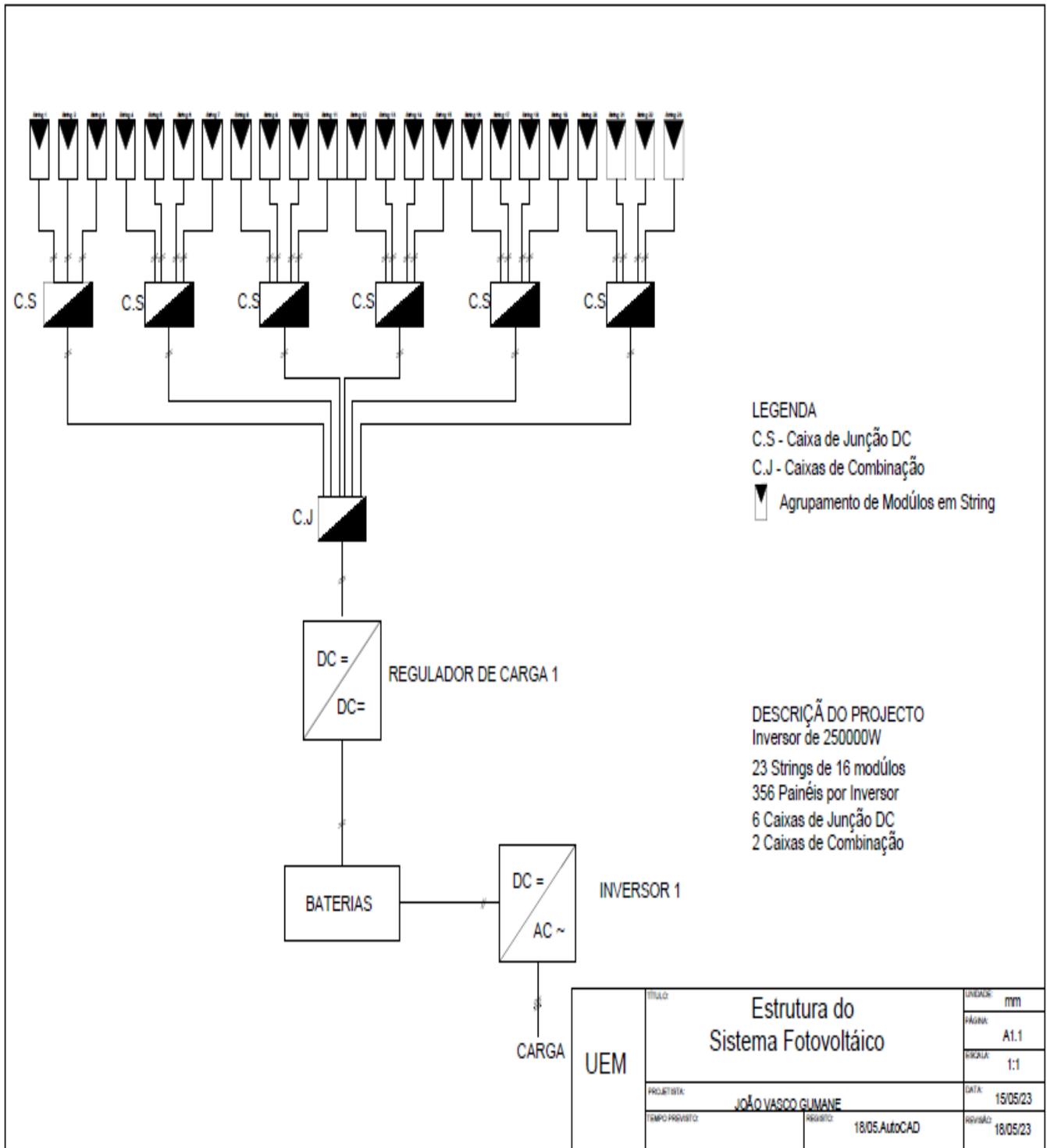
**CLASSIFICAÇÃO FINAL  $=(N1 \cdot A + N2 \cdot B) / 100$**

**OS MEMBROS DO JURI:**

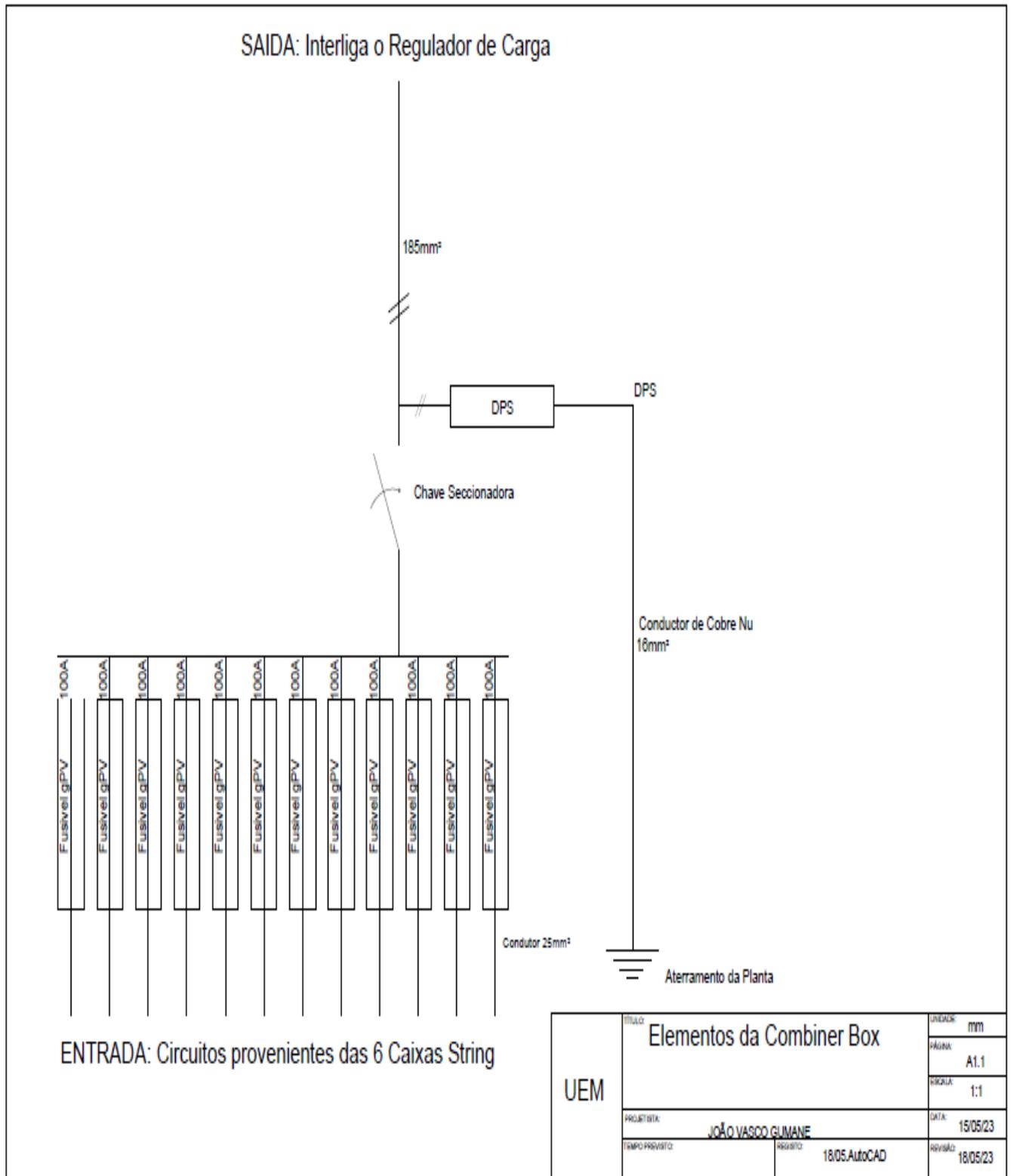
<b>O Presidente</b>	
<b>O Oponente</b>	
<b>Os Supervisores</b>	

# APENDICE

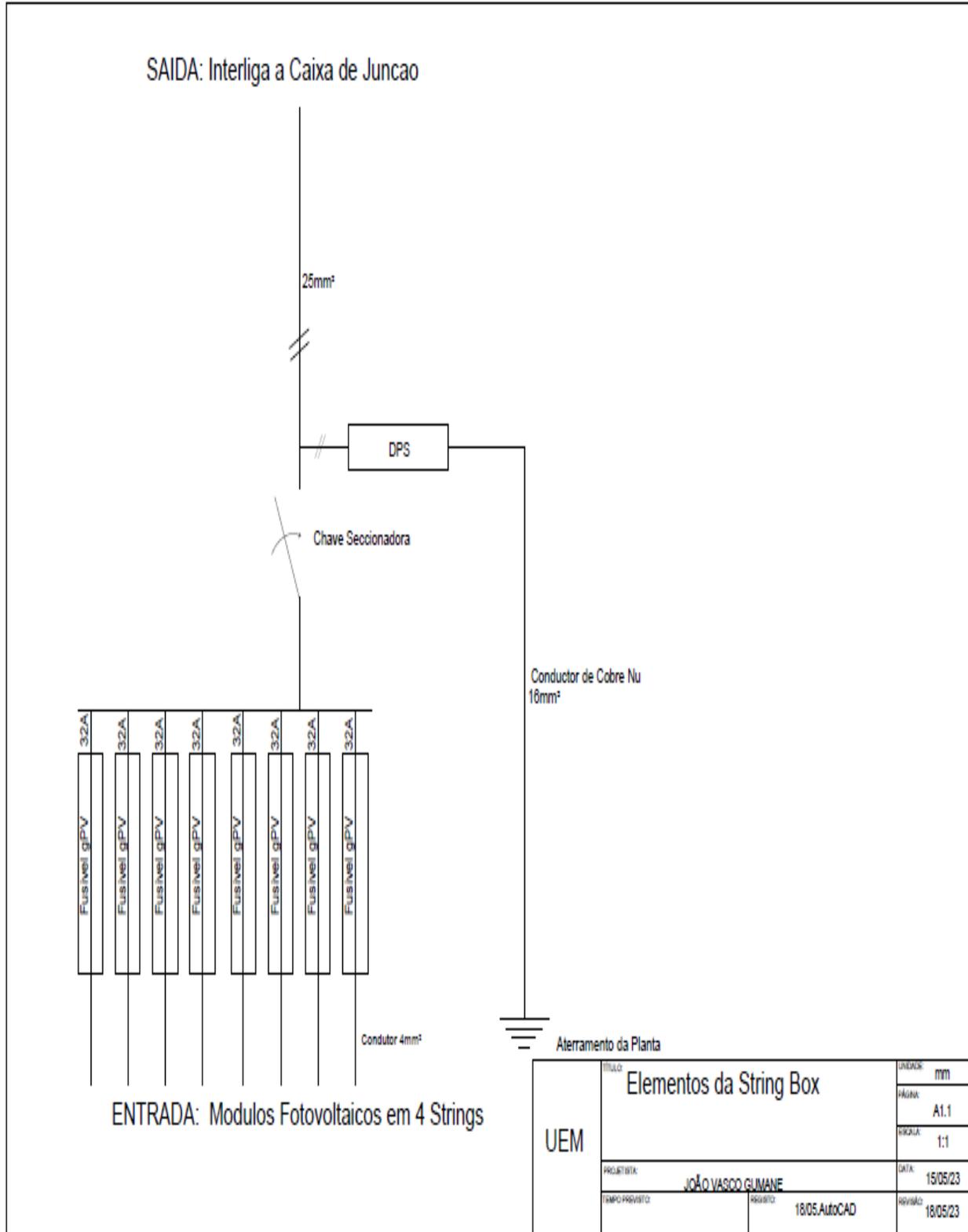
APENDICE 1. ESTRUTURA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO



## APENDICE 2. ELEMENTOS DA COMBINER BOX



APENDICE 3. ELEMENTOS DA STRING BOX



APENDICE 4. DESENHO UNIFILAR DA CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICE

