



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Dimensionamento de um sistema solar para captação de água usando uma  
bomba submersível híbrida**

Caso de estudo: Distrito da Manhiça Localidade da Tavira.

**Autor:**

Nhabanga, Sérgio Rosalina

**Supervisor:**

Msc Eng<sup>o</sup>. Paxis Roque

Maputo, Abril de 2024



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA MECÂNICA

TRABALHO DE LICENCIATURA

**Dimensionamento de um sistema solar para captação de água usando uma  
bomba submersível híbrida**

Caso de estudo: Distrito da Manhiça Localidade da Tavira.

**Autor:**

Nhabanga, Sérgio Rosalina

**Supervisor:**

---

Msc Eng<sup>o</sup>. Paxis Roque

Maputo Abril de 2024



**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA  
USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

## TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante: Sérgio Rosalina Nhabanga

Entregou no dia \_\_\_/\_\_\_/20\_\_\_, as \_\_\_ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: \_\_\_\_\_

Intitulado: **Dimensionamento de um sistema solar para captação de água usando uma bomba submersível híbrida**

Maputo, \_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

A Chefe de Secretaria

---

## Índice Geral

AGRADECIMENTOS .....	v
DEDICATÓRIA.....	vi
DECLARAÇÃO DE HONRA .....	vii
ÍNDICE DE TABELAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xii
RESUMO .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO .....	1
1.1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1.1. Definição .....	1
1.1.2. Aplicação da energia solar.....	3
1.1.3. Princípio do funcionamento da energia solar .....	3
1.1.4. Tipos de energia solar .....	4
1.1.5. OS BENEFÍCIOS DA ENERGIA SOLAR.....	7
1.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO.....	9
1.2.1. Clima e condições meteorológicas médias em Maputo no ano todo Moçambique .....	9
1.2.2. Temperatura média em Maputo.....	9
1.2.3. Nuvens.....	10
1.2.4. Irradiação global Horizontal .....	12
1.2.5. Irradiação direta normal.....	13
1.2.6. Potencial de energia fotovoltaica.....	14
1.3. OBJETIVO GERAL .....	17
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
1.5. METODOLOGIA.....	18
CAPÍTULO II - ESTADO DA ARTE .....	20
2.1. BREVE DESCRIÇÃO DO DISTRITO DA MANHIÇA .....	20
2.1.1. Localização.....	20
<b>2.1.2. Clima</b> .....	20

2.1.3. Recursos Hídricos.....	20
2.1.4. Economia e Serviços.....	20
2.2. Terminologia Base do Sistema de Abastecimento de Água.....	21
2.2.1. Necessidade de Água.....	21
2.2.3. Consumo Público/Comercial.....	21
2.2.4. Perdas .....	22
2.2.6. Horizonte de Projeto .....	22
2.2.7. Sistema de Abastecimento de Água .....	22
2.2.9. Fator de Ponta Diário ( $fp_2$ ).....	23
2.2.10. Fator de Ponta Horário ( $fp_3$ ) .....	23
CAPÍTULO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO .....	24
3.1. DEMANDA DE ÁGUA.....	24
3.1.1. Determinação da taxa de crescimento da população.....	24
3.1.2. Determinação da População Presente, Intermédia e Futura .....	26
3.1.3. População Presente.....	26
3.1.4. População Intermédia .....	26
3.1.5. População Futura .....	26
3.2. Estimativa das percentagens da distribuição de água.....	27
3.2.1. Caudal domestico ( $Q_D$ ).....	28
3.3. PESQUISA GEOFÍSICA.....	33
3.3.1. Trabalho de Campo e Resultados.....	33
3.4. ESCOLHA DA BOMBA.....	35
3.4.1. Detalhes do produto .....	36
3.5. CALCULO DE NÚMERO DE PAINEL SOLAR .....	39
3.5.1. Eficiência .....	39
3.5.2. Escolha do tipo de painel solar .....	40
3.5.3. Cálculo do lado da tensão contínua.....	41
3.5.4. Cálculo do lado de corrente contínua.....	43
3.5.4. Cálculo de secção por intensidade admissível (lado cc) .....	44
3.5.5. Cálculo de secção por queda de tensão (lado cc) .....	50
3.5.6. Cálculo de secção por curto-circuito (lado cc) .....	52
3.5.7. Cálculo do lado de corrente alternada .....	52

<b>3.5.8. Cálculo de secção por intensidade admissível (lado ca)</b> .....	52
<b>3.5.9. Cálculo de secção por curto-circuito (lado ca)</b> .....	55
3.6. ESQUEMA DAS LIGAÇÕES DO CIRCUITO ELÉTRICO .....	59
3.7. RESERVATÓRIOS .....	60
<b>3.7.1. Pressões máximas e mínimas</b> .....	61
<b>3.7.2. Velocidade de escoamento</b> .....	62
CAPÍTULO VI – DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA PARA TANQUES .....	63
4.1. BASES DE PILARES METÁLICOS .....	63
4.2. FUNDAÇÕES DE TORES .....	64
4.3. DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA .....	65
4.4. AÇÕES .....	66
CAPÍTULO V: DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA PARA PAINÉIS SOLARES ..	68
5.1. INCLINAÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA DOS PAINÉIS SOLARES .....	68
5.2. TAMANHO DO PAINEL SOLAR .....	68
5.3. ORIENTAÇÃO DOS PAINÉIS SOLARES .....	68
5.4. EFEITO DAS SOMBRAS NAS ESTRUTURAS DOS PAINÉIS SOLARES .....	68
5.5. TIPO DE SOLDADURA A USAR .....	69
5.6. RESISTENCIA A CORROSÃO .....	69
5.7. ESCOLHA DO MATERIAL DA ESTRUTURA .....	70
CAPÍTULO VI: ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO .....	74
6.1. PRESSUPOSTOS DE INVESTIMENTOS .....	74
6.2. PRESSUPOSTOS DE POUPANÇA .....	76
6.3. PRESSUPOSTOS DE INVESTIMENTOS DE ENERGIA DA EDM .....	76
6.4. CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE PROJETO .....	78
6.5. RISCOS ASSOCIADOS A BAIXA PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR .....	79
CAPÍTULO VII: MONTAGEM .....	80
7.1. MONTAGEM DA ESTRUTURA METÁLICA .....	80
CAPÍTULO VIII: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	88
8.1. CONCLUSÕES .....	88
8.2. RECOMENDAÇÕES .....	89
Referências Bibliográficas .....	90
WEB GRAFIA .....	91

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA  
SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradecer a Deus pelo dom da vida, pela saúde, por todas graças e força concedida ao longo da formação. Aos meus pais, Mapepa Mabala e Maria Nhabanga, que de forma incansável estiveram sempre comigo, pelo apoio incondicional e pelas lições de vida. A IS solar, LTD por ter-me acolhido e ajudado nesta fase de culminação do curso. A todos colaboradores pelos momentos de aprendizado e trabalho. Ao meu supervisor, o Prof. Msc. Eng.<sup>o</sup> Paxis Roque pela orientação e pelos conselhos que tornaram possível a elaboração deste relatório. Ao meu único Irmão (Alfredo Mabala) e amigos que sempre me acompanharam e ajudaram nas diferentes situações ao longo da formação.

## **DEDICATÓRIA**

Este trabalho de projeto final é dedicado à minha mãe, Maria Fernandes Alfredo Nhabanga, pois sem ela não teria chegado até aqui.

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, Sérgio Rosalina Nhabanga declaro pela minha honra que o presente projeto do final do curso é exclusivamente da minha autoria, não constituindo copia de nenhum trabalho realizado anteriormente e as fontes usadas para a realização do trabalho encontram-se referidas na bibliografia.

---

Sérgio Rosalina Nhabanga

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Projeção da população .....	24
Tabela 2: população do distrito de Tavira.....	25
Tabela 3: Estimativa da população.....	27
Tabela 4: Estimativa das percentagens da distribuição de água em função do tempo .....	28
Tabela 5: Fatores de correção 41 .....	47
Tabela 6: Quadro das secções.....	49
Tabela 7: coeficiente de correção.....	49
Tabela 8: Cabos .....	53
Tabela 9: Secções de dois condutores carregados.....	54
Tabela 10: Resumo dos Caudais .....	<b>Erro! Marcador não definido.</b>
Tabela 11: Valores de cálculo das tensões resistentes.....	66
Tabela 12: Quantidades dos materiais .....	72
Tabela 13: Pressupostos gerais .....	74
Tabela 14: Mapa dos investimentos .....	75
Tabela 15: Projeção das necessidades de energia .....	76
Tabela 16: Activos tangíveis e intangíveis.....	76
Tabela 17: Geração energética .....	78

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Correlação do crescimento da população.....	25
Gráfico 2:Fonte: Instituto Nacional de Estatística, dados do censo de 2017 .....	27
Gráfico 3: Evolução da poupança.....	78

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figure 1:Aquecedores solares .....	1
Figure 2:Painéis fotovoltaicos .....	2
Figure 3:Usina heliotérmica .....	2
Figure 4:Condições meteorológicas por mês de Maputo. Clique em cada gráfico para obter mais informações.....	9
Figure 5:Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias. ....	10
Figure 6: Mapa de nuvens .....	11
Figure 7:Energia solar de ondas curtas média que chega ao solo (linha laranja), por metro quadrado. ....	12
Figure 8: irradiação global direta .....	13
Figure 9:irradiação direta normal.....	14
Figure 10:Potencial de energia fotovoltaica .....	15
Figure 11.SEV 01 Coordenadas x436915 Y 7153226.....	33
Figure 12Imagem via Satélite da Área de Estudo.....	34
Figure 13: gráfico das bombas. ....	35
Figure 14:bomba escolhida .....	35
Figure 15Inversor de frequência da bomba escolhida .....	36
Figure 16:kit completo da escolhida. ....	38
Figure 17:Comparação entre células de silício monocristalino e policristalino.....	39
Figure 18:Características do painel solar escolhido. ....	41
Figure 19:O cabo PRYSUN da Prysmian e Exzhellent Class Solar da General Cable.....	45
Figure 20:Cabo PRYSUN e o Exzhellent Class. ....	45
Figure 21: Efeito das tensões nos cabos. ....	46
Figure 22:Tensão de cada string.....	51
Figure 23:Cabo Afumex Class 1000 V.....	53
Figure 24: Cabo Exzhellent Compact.....	53
Figure 25:Simulação da corrente na saída do inversor .....	55
Figure 26: Cabo Afumex Class 1000 V .....	57
Figure 27: Cabo Exzhellent Compact.....	57
Figure 28:Esquema das ligações da bomba. ....	59
Figure 29:Esforços actantes em bases de pilares metálicos (Fonte: Martins, 2006) .....	63
Figure 30: Composição de uma ligação de base de pilares (Fonte: Marques, 2013).....	64
Figure 31: Características do painel solar escolhido. ....	71
Figure 32::Montagem dos pilares. ....	81
Figure 33:Fim da montagem dos pilares. ....	81
Figure 34:pintura da base de assentamento dos painéis solares para resistência a corrosão. ....	81
Figure 35: colocação e soldagem da base de assentamento dos painéis solares nos suportes. ....	82
Figure 36: colocação dos primeiros painéis solares na base.....	82
Figure 37: :Colocação de todos os paines solares na base. ....	82
Figure 38: ligações de todos os paines solares. ....	83
Figure 39: ligações do quadro de acionamento da bomba.....	83

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA  
SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

Figure 40: ligações do kit de emenda da bomba. ....	84
Figure 41: Processo de amarrar a bomba.....	84
Figure 42: ligações do tubo de sucção da bomba. ....	85
Figure 43: Introdução da bomba no furo. ....	85
Figure 44: Ensaio da bomba. ....	86
Figure 45: ligações do tubo de sucção da bomba no sistema.....	86
Figure 46: fim da montagem do sistema.....	87

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**A** - Ampere

**AP** - Anteprojeto

**cm** – centímetro.

**GWh** - Giga Watt hora.

**GW** - Giga Watt.

**h** - Número de horas de funcionamento do sistema da unidade considerada.

**V<sub>mp</sub>** - Tensão de potência máxima.

**I<sub>mp</sub>** - Corrente da potência máxima.

**I<sub>sc</sub>** - Corrente do curto-circuito.

**J** - Joule.

**K** - Kelvin.

**k1** - coeficiente do dia de maior consumo;

**k2** - coeficiente da hora de maior consumo;

**Kg** - Peso.

**Km** - Quilómetro

**KVA**- kilo Volt Ampere

**kW** - kilo Watt.

**V<sub>oc</sub>** - Tensão de circuito aberto.

**m<sup>2</sup>** - metro quadrado.

**mA** - mili Ampere.

**mV/°C** - mili Volt por grau Célcio.

**MW** - Mega Watt.

**MWp** - Mega Watt Pico.

**N** – Negativo.

**P** – Positivo.

**P<sub>sa</sub>** - População a ser atendida;

**P<sub>max</sub>** - Potência máxima.

**q<sub>medper</sub>** - Consumo médio per capita, incluindo as perdas de água, L/hab dia;

**QD** - vazão em L/h;

**UV** - Ultravioleta

**V** - Volt.

**W/m<sup>2</sup>** - Watt por metro quadrado.

**Mt/W<sub>p</sub>** - Metical por Watt pico.

## **RESUMO**

O presente documento refere-se ao relatório de trabalho de licenciatura realizado na empresa IS SOLAR, LDA. Este trabalho insere-se no plano curricular vigente na Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane como forma de culminação do curso para a obtenção do grau de licenciado em Engenharia Mecânica. É apresentado neste relatório o dimensionamento de um sistema solar para captação de água usando uma bomba submersível híbrida. Dado que os sistemas fotovoltaicos funcionam ao ar livre, sujeito as condições ambientais do local onde são instalados, foram realizados estudos sobre painéis solares disponíveis no mercado para o sistema de bombeamento de água dentro da área de estudo. O estudo, mostrou que as cisternas de bombeamento de água contribuem bastante para o fornecimento da água potável em comunidades onde a falta de água potável se faz sentir. Para tal foram cuidadosamente examinadas as variações temporais na velocidade do vento e as características do terreno.

**Palavras-chave:** Dimensionamento; sistema solar; bombeamento de água.

## **ABSTRACT**

This document refers to the report on the degree work carried out at the company IS SOLAR, LDA. This work is part of the current curriculum plan at the Faculty of Engineering of the Eduardo Mondlane University as a form of culmination of the course to obtain a degree in Mechanical Engineering. This report presents the sizing of a solar system for collecting water using a hybrid submersible pump. Given that photovoltaic systems operate outdoors, subject to the environmental conditions of the location where they are installed, studies were carried out on solar panels available on the market for the water pumping system within the study area. The study showed that water pumping cisterns contribute greatly to the supply of drinking water in communities where there is a lack of drinking water. To this end, temporal variations in wind speed and terrain characteristics were carefully examined.

**Keywords:** Dimensioning; solar system, water pumping.

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

### 1.1. INTRODUÇÃO

#### 1.1.1. Definição

A energia solar é a energia proveniente da luz e do calor do Sol, sendo uma fonte alternativa e sustentável que pode ser utilizada para diferentes tecnologias, como aquecedores solares, painéis fotovoltaicos e usinas heliotérmicas (ou termossolares).

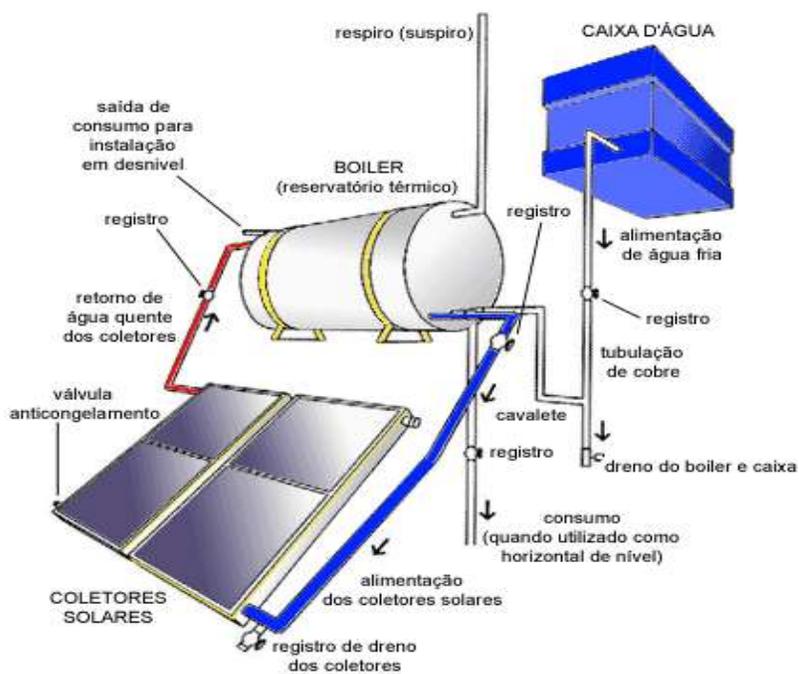


Figure 1: Aquecedores solares

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

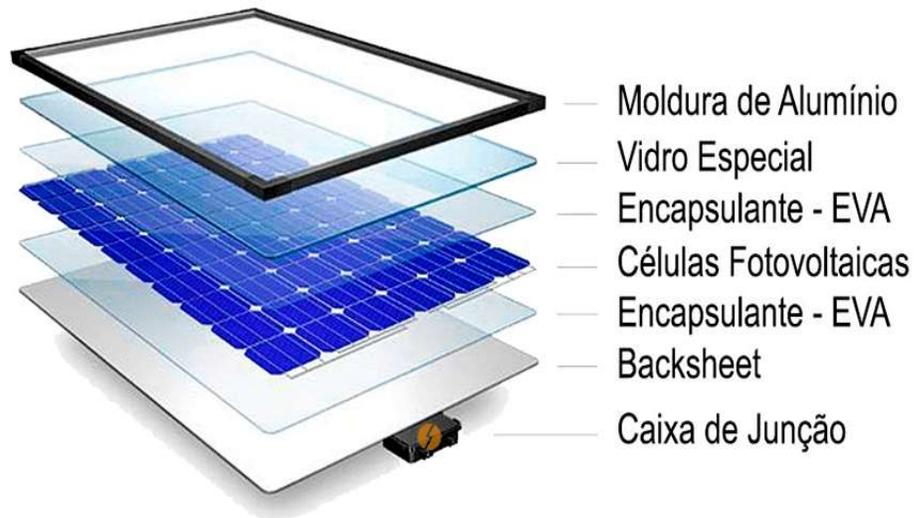


Figure 2: Painéis fotovoltaicos



Figure 3: Usina heliotérmica

Hoje em dia, o conceito de energia solar é comumente associado à geração limpa de eletricidade pelos painéis de energia fotovoltaica (painéis fotovoltaicos), que transformam a luz do Sol diretamente em energia elétrica.

Na energia solar fotovoltaica, quando as partículas de energia da luz do Sol (fótons) incidem sobre os painéis solares, ocorre a geração de uma corrente elétrica que pode ser

direcionada e utilizada para alimentar residências, empresas e indústrias, tanto na cidade quanto em áreas rurais.

### **1.1.2. Aplicação da energia solar**

A energia proveniente do Sol é indispensável para a manutenção da vida na terra e serve como catalisadora de todos os processos térmicos, dinâmicos e químicos, sejam eles naturais (como a fotossíntese ou o ciclo hidrológico) ou artificialmente desenvolvidos pelo homem.

Desde as primeiras civilizações, o homem também utilizava a energia solar para realizar diferentes trabalhos, como a geração de fogo através do calor dos raios de Sol concentrados por meio de vidros ou espelhos.

Hoje, a energia solar representa para o homem a sua maior e mais segura fonte de energia renovável para a geração limpa de eletricidade e calor, sem grandes impactos ao meio ambiente e com grande capacidade de aproveitamento.

Entre as principais utilizações da energia solar estão:

- Geração de eletricidade;
- Aquecimento de água;
- Aquecimento de ambientes;
- Processos industriais;
- Bombeamento de água;
- Recarga de carros elétricos.

De salientar que para o estudo em causa falaremos exclusivamente da energia solar como fonte para sistemas de bombeamento de água.

### **1.1.3. Princípio do funcionamento da energia solar**

A energia solar funciona da seguinte forma: ela é produzida dentro dos sistemas compostos pelos painéis e inversores. Os módulos fotovoltaicos (também conhecidos como placas

solares) conseguem captar a luz do sol, transportando essa energia para o inversor solar, onde é transformada em energia elétrica. Ou seja, a energia é gerada a partir do efeito fotovoltaico.

As placas solares são constituídas por células fotovoltaicas, feitas de materiais semicondutores, como o silício, para converter a luz solar diretamente em eletricidade.

Há ainda outras formas de energia solar, como a energia térmica e outras. Apesar de terem funcionamentos diferentes, o princípio é o mesmo: a partir da exposição aos raios solares, o sistema consegue captar a energia necessária para funcionar e chegar ao efeito desejado.

São utilizados coletores solares para absorver o calor do sol e aquecer um fluido, que pode ser usado para gerar vapor e, posteriormente, eletricidade em uma turbina, ou para aquecimento direto de água e ambientes.

#### **1.1.4. Tipos de energia solar**

Existem as mais variadas formas de aproveitar a energia solar como uma fonte de energia renovável. Os principais tipos de energia solar utilizados

são a **energia solar fotovoltaica, a energia solar térmica e a energia heliotérmica (termossolar).**

A energia solar fotovoltaica é a transformação direta da luz do Sol em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas, que são fabricadas a partir de materiais semicondutores, sendo o Silício (Si) o mais utilizado.

Quando os fótons da luz solar incidem sobre as células fotovoltaicas, eles energizam os elétrons do seu material semicondutor, que se movimentam gerando uma corrente elétrica.

Os módulos fotovoltaicos utilizados para gerar energia fotovoltaica em casas e empresas são compostos por dezenas de células, que são ligadas em série e seguramente encapsuladas dentro da moldura para garantir proteção e durabilidade. Popularmente, os módulos fotovoltaicos são conhecidos como placas solares.

Desta forma, a capacidade de geração elétrica do módulo fotovoltaico (placa solar) é igual à soma das capacidades de cada célula voltaica.

O sistema solar fotovoltaico utiliza um kit de energia fotovoltaica composto por:

- Painéis solares;
- Inversor solar;
- String box;
- Sistema de fixação das placas solares (conhecidos popularmente como

placas solares); e

- Conectores e cabeamentos.

A energia fotovoltaica já existe há mais de 100 anos e é a fonte de energia limpa que mais cresce no mundo. Hoje ela é utilizada em milhões de residências e empresas com sistemas fotovoltaicos, assim como em grandes projetos de usinas solares para geração elétrica centralizada controlada por governos.

Em Moçambique, o número de instalações de energia solar fotovoltaica disparou nos últimos anos em resposta aos aumentos da conta de luz, além da queda de preços da tecnologia e da facilidade de acesso por meio do financiamento solar.

**A energia solar térmica** também é muito utilizada em todo o mundo por meio dos sistemas de aquecimento solar, conhecidos como aquecedores solares.

Com o uso de coletores solares (placas de aquecimento solar), esses sistemas captam o calor presente na radiação solar e o transferem para o aquecimento da água (ou outro tipo de líquido) armazenada em seu reservatório (boiler) que será utilizada posteriormente na casa ou empresa.

É importante atentar que, embora seja possível gerar eletricidade a partir da energia solar térmica, isto não ocorre nos aquecedores solares. Os sistemas de aquecimento solar térmico apenas captam e transferem o calor da radiação solar.

**A energia heliotérmica**, ou Energia Solar Concentrada (Concentrated Solar Power - CSP), é outra forma de utilizar o Sol para gerar energia elétrica, mas neste caso através do calor de sua radiação.

Uma usina de energia heliotérmica, também chamada de termossolar, utiliza centenas ou milhares de espelhos (heliostatos) para captar os raios de Sol e refleti-los de forma concentrada em um único ponto, no qual é fixado um receptor que contém um líquido. Com o calor dos raios de Sol concentrados, o líquido se aquece e gera vapor, o qual é escoado e utilizado para alimentar as turbinas que geram energia elétrica por meio da energia mecânica.

Repare que o funcionamento de uma usina termossolar é bem parecido com o de uma térmica tradicional, a única diferença é a fonte de calor utilizada para gerar o vapor, que neste caso é a luz limpa e gratuita do sol.

Embora apresentem bom rendimento na geração elétrica e consigam armazenar o calor para uso durante a noite, as usinas de energia heliotérmica estão longe da popularidade alcançada pelas usinas solares fotovoltaicas, em grande parte por conta da queda de preços destas e de certos perigos ambientais relacionados às termossolares.

A potência da energia solar refere-se à capacidade dos sistemas solares de gerar eletricidade ou calor. Ela depende da capacidade de captação e produção. Ou seja, além das condições naturais de luminosidade e calor do Sol de acordo com o dia e a época do ano, também dependerá do sistema instalado, como as características dos painéis e a capacidade de armazenamento da energia.

A potência nominal de um painel solar fotovoltaico é medida em watt-pico (Wp), que representa a produção de energia sob condições ideais de teste (radiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, temperatura de 25°C e massa de ar 1.5). Já a potência de um sistema de energia solar térmica é medida em BTUs ou quilowatts térmicos (kWth).

Entre os fatores que influenciam a potência da energia solar estão:

**Irradiação solar:** a quantidade de radiação solar recebida em uma determinada área afeta diretamente a potência gerada pelos sistemas solares.

**Ângulo e orientação dos painéis:** o ângulo de inclinação e a orientação dos painéis solares em relação ao sol influenciam a eficiência e a potência gerada.

**Eficiência dos painéis:** a eficiência dos painéis fotovoltaicos, que pode variar de cerca de 15% a mais de 22% para os painéis de última geração, afeta a quantidade de eletricidade gerada.

**Sombreamento e obstruções:** sombras de árvores, prédios ou outras obstruções podem reduzir significativamente a potência gerada pelos painéis solares.

### **1.1.5. OS BENEFÍCIOS DA ENERGIA SOLAR**

Há diversos benefícios da energia solar, tanto para a sustentabilidade do meio ambiente quanto para o bolso dos consumidores, que podem experimentar uma grande economia em seu consumo mensal de energia elétrica das distribuidoras.

Algumas das principais são:

- É uma fontes de energia renovável e alternativa;
- É uma energia limpa (sem emissões);
- Amplamente disponível em todo o mundo, especialmente em países tropicais, como moçambique;
- Pode ser utilizada em regiões isoladas que não têm acesso à rede;
- Fonte gratuita, energia mais barata de produzir;
- Tecnologias de painéis solares com longa vida útil, baixa manutenção e rápida queda de preços.

A energia solar é uma maneira mais econômica e sustentável de conseguir energia. Ou seja, além de representar mais economia na conta de energia elétrica, ela é uma forma de contribuir com a preservação do meio ambiente.

Seja em ambientes residenciais ou industriais, a energia solar pode ser facilmente produzida, já que os sistemas de captação podem ser instalados em diferentes superfícies.

Em Moçambique, predomina o clima tropical, entre outros fatores que facilitam a instalação da energia solar.

A instalação de energia fotovoltaica traz inúmeros benefícios, tanto financeiros quanto ambientais, diminuindo o consumo de energia elétrica oriunda de hidrelétricas, centrais, etc. E que possuem um elevado custo.

Casas e empreendimentos que possuem energia solar fotovoltaica instalada podem gerar sua própria energia e não mais depender das geradoras e distribuidoras do país que podem, em algum momento, deixar de suprir toda a demanda do mercado. Além disso, a geração de energia elétrica a partir da radiação solar, não emite dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio e dióxido de carbono, que representam efeitos nocivos à saúde humana, além de não contribuir com o aquecimento global.

A energia solar produzida por meio da instalação de um sistema fotovoltaico, é vista como uma tecnologia do futuro, pois depende de uma fonte limpa e inesgotável: O sol.

## 1.2. DESCRIÇÃO DO PROJETO

Em moçambique, a maior parte de energia é produzida nas centrais, o que torna o preço da energia insustentável, devido aos altos custos da sua produção, sendo moçambique um dos países com maior índice de irradiação solar e maior potencial para gerar energia conforme mostra o mapa de insolação do país.

### 1.2.1. Clima e condições meteorológicas médias em Maputo no ano todo Moçambique

Em Maputo, a estação com precipitação é abafada e de céu quase sem nuvens; a estação seca é de ventos fortes e sem nuvens. Durante o ano inteiro, o clima é morno. Ao longo do ano, em geral a temperatura varia de 16 °C a 35 °C. A media da irradiação global na cidade de Maputo é a 17,96Mj/m<sup>2</sup> e as horas de brilho do sol são 9h.

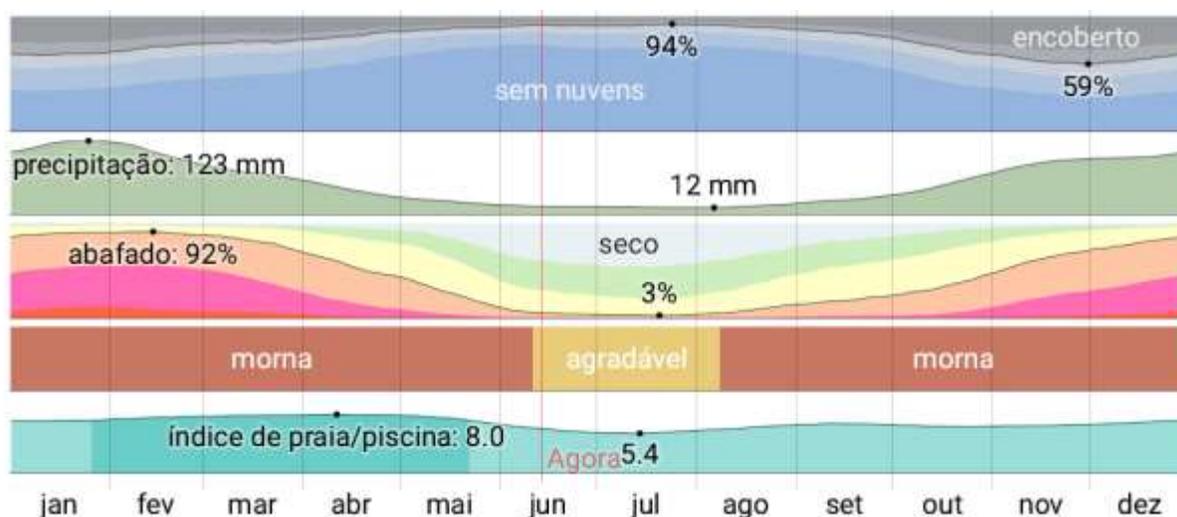


Figure 4: Condições meteorológicas por mês de Maputo. Clique em cada gráfico para obter mais informações

### 1.2.2. Temperatura média em Maputo

A estação morna permanece por 3,5 meses, de 12 de dezembro a 30 de março, com temperatura máxima média diária acima de 28 °C. O mês mais quente do ano em Maputo é janeiro, com a máxima de 29 °C e mínima de 23 °C, em média.

A estação fresca permanece por 2,5 meses, de 2 de junho a 19 de agosto, com temperatura máxima diária em média abaixo de 24 °C. O mês mais frio do ano em Maputo é julho, com a mínima de 16 °C e máxima de 23 °C, em média.

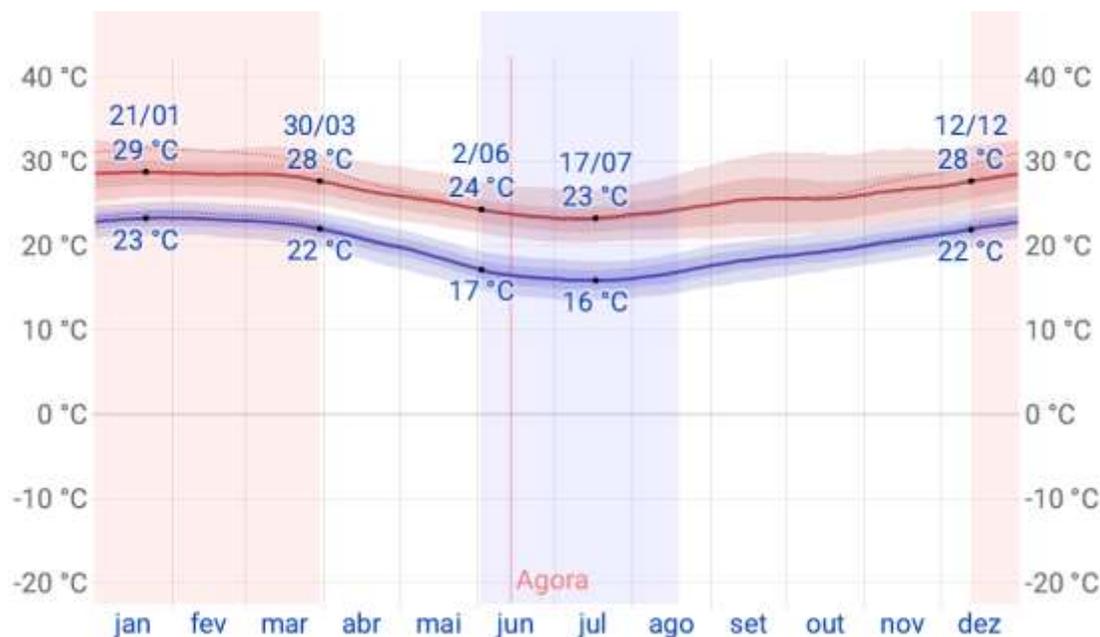


Figure 5: Temperatura máxima (linha vermelha) e mínima (linha azul) médias.

### 1.2.3. Nuvens

Em Maputo, a porcentagem média de céu encoberto por nuvens sofre significativa variação sazonal ao longo do ano. A época menos encoberta do ano em Maputo começa por volta de 28 de fevereiro e dura 7,4 meses, terminando em torno de 10 de outubro.

O mês menos encoberto do ano em Maputo é julho, durante o qual, em média, o céu está sem nuvens, quase sem nuvens ou parcialmente encoberto 93% do tempo.

A época mais encoberta do ano começa por volta de 10 de outubro e dura 4,6 meses, terminando em torno de 28 de fevereiro.

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

O mês mais encoberto do ano em Maputo é novembro, durante o qual, em média, o céu está encoberto ou quase encoberto 38% do tempo.

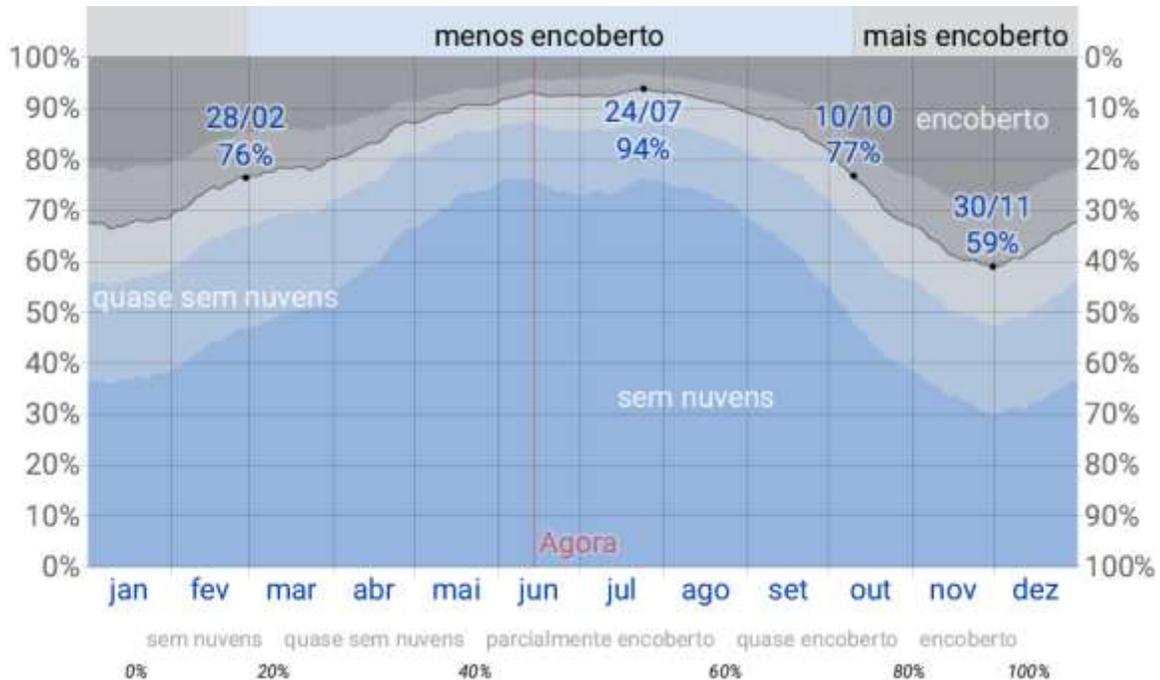


Figure 6: Mapa de nuvens

Esta seção discute o total diário incidente de energia solar de ondas curtas que chega à superfície do solo ao longo de uma área ampla, levando em conta as variações sazonais na duração do dia, na elevação do sol acima do horizonte e na absorção por nuvens e outros elementos atmosféricos. A radiação de ondas curtas inclui a luz visível e a radiação ultravioleta.

A energia solar de ondas curtas incidente diária média passa por variações sazonais significativas ao longo do ano.

O período mais radiante do ano dura 3,9 meses, de 2 de novembro a 28 de fevereiro, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado acima de 6,8 kWh. O mês mais radiante do ano em Maputo é janeiro, com média de 7,4 kWh.

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

O período mais escuro do ano dura 3,0 meses, de 7 de maio a 6 de agosto, com média diária de energia de ondas curtas incidente por metro quadrado abaixo de 4,5 kWh. O mês mais escuro do ano em Maputo é junho, com média de 3,8 kWh.

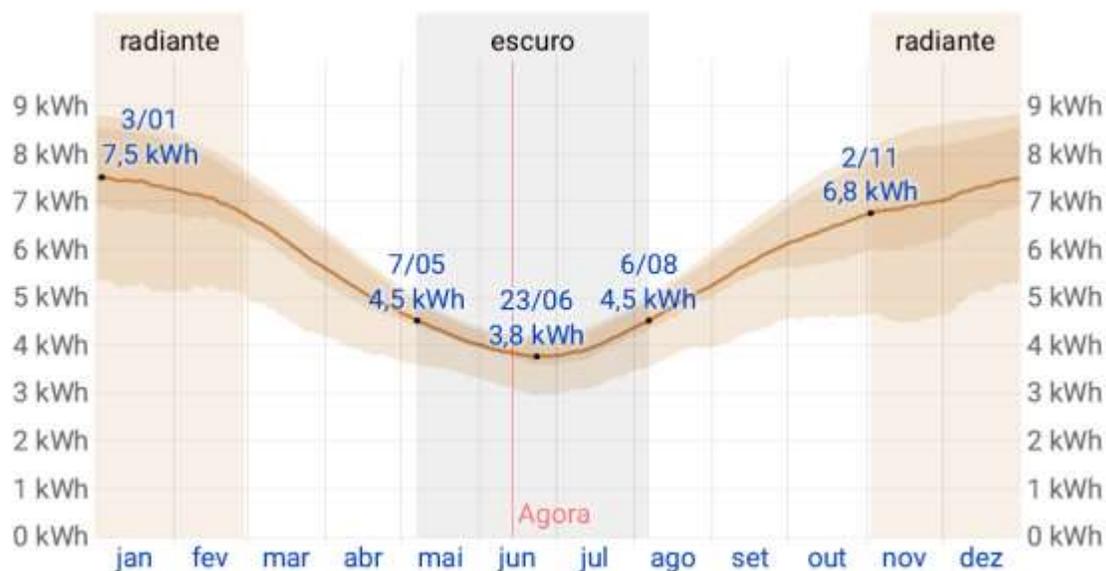
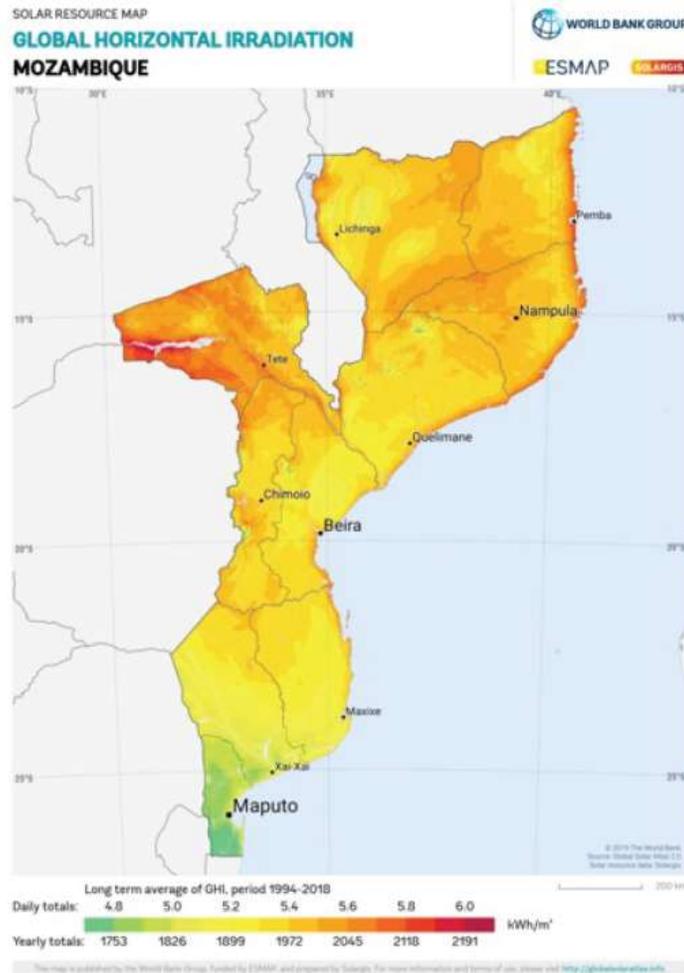


Figure 7: Energia solar de ondas curtas média que chega ao solo (linha laranja), por metro quadrado.

### 1.2.4. Irradiação global Horizontal

É a irradiação incidente em uma superfície no plano horizontal, constituída pela soma das irradiações direta e difusa. Devido a tomada de valores no plano horizontal, esse é principal parâmetro quando analisamos diferentes projetos em diferentes latitudes.

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA



Irradiação horizontal global  
Tamanho ideal da prensa: 156 x 220 mm

Figure 8: irradiação global direta

### 1.2.5. Irradiação direta normal

Irradiação incidente em uma superfície perpendicular ao feixe da radiação direta, cuja superfície deve estar acoplada a um dispositivo que acompanhe o movimento do Sol, normalmente denominado de seguidor ou rastreador solar (tracker).

A média da potencial geração de energia fotovoltaica do estado é aproximadamente 0,73 kWh por dia para cada m<sup>2</sup>.

# DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

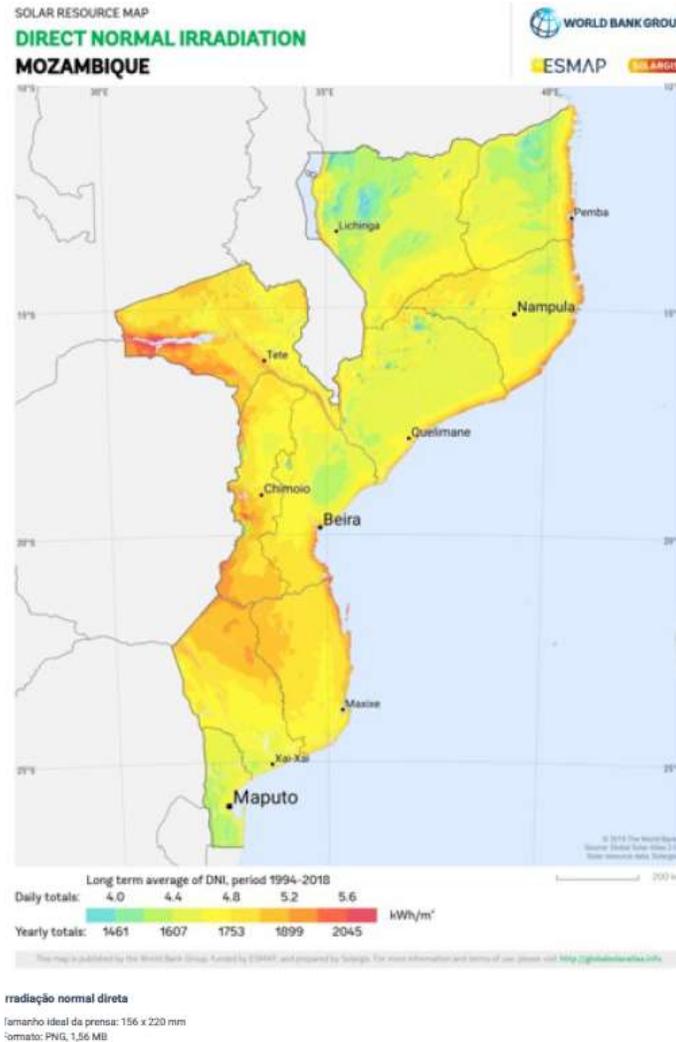


Figure 9: irradiação direta normal

## 1.2.6. Potencial de energia fotovoltaica

Componente da radiação solar que incide sobre a Terra sem sofrer espalhamento pela atmosfera; ela incide em linha reta sobre a Terra

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

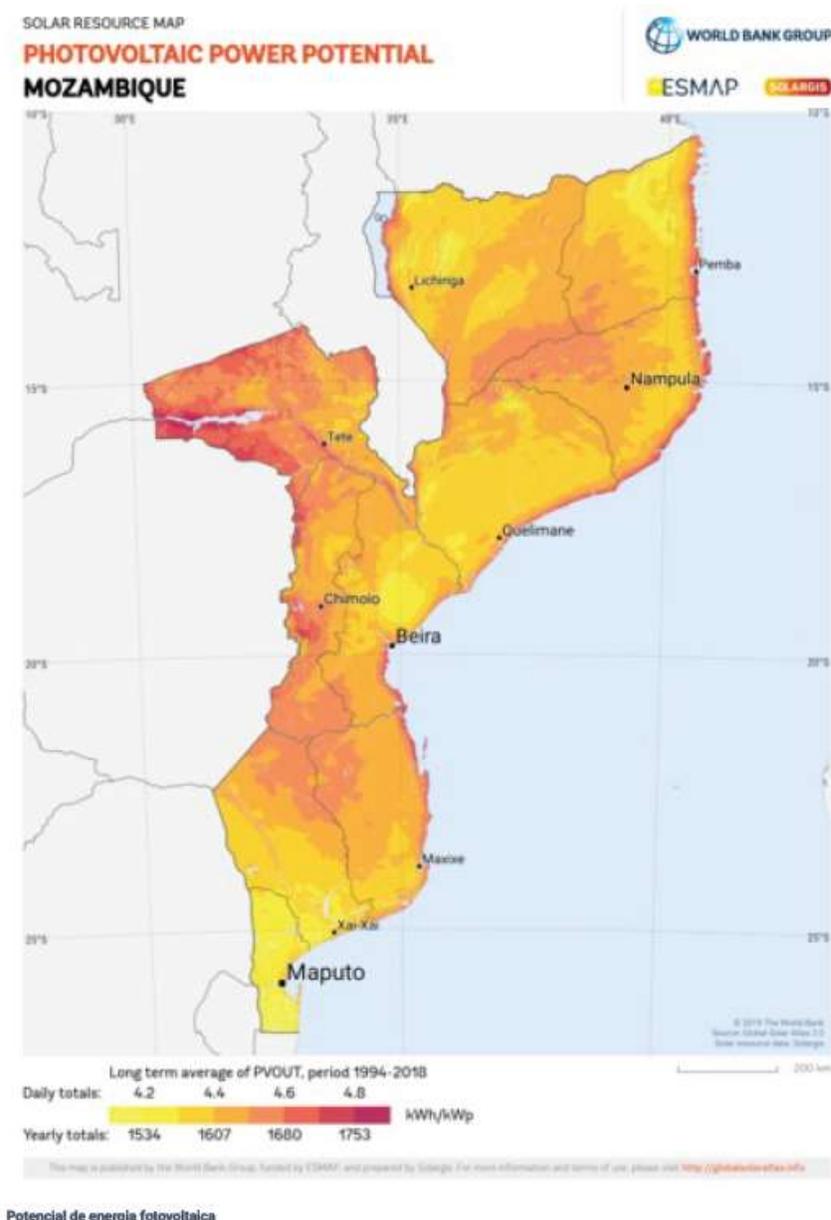


Figure 10: Potencial de energia fotovoltaica

Assim sendo, este projeto visa dimensionar um sistema solar para alimentar uma bomba submersível híbrida, propor e analisar a viabilidade económica e financeira para a instalação do sistema fotovoltaico para o fornecimento de energia para o abastecimento de água em Manhica.

Um dos principais critérios para projetar um sistema de abastecimento de água é o conhecimento da necessidade em água para a comunidade a abastecer. A 1ª fase do projeto constitui na determinação desta necessidade em água (demanda) para a Vila da Manhiça.

EX; tende-se um consumo médio de 3000 l/h, o consumo médio mensal de água seria de 93 000 l/mês. Considerando-se adicionalmente uma utilização média mensal de 10 000 litros de água para agricultura e pecuária, mensalmente o consumo de água poderá atingir os 103 000 litros no total.

Com base na capacidade máxima dos depósitos (40 m<sup>3</sup>) e no consumo médio diário de água, estimam-se 100 ciclos de enchimento por ano. Para cada ciclo de enchimento será necessário 16 920 Wh.

Neste sentido, o respetivo engenheiro (Sérgio Nhabanga), sugere a instalação de um sistema fotovoltaico como forma de reduzir os custos.

### **1.3. OBJETIVO GERAL**

- Elaboração do projeto do sistema solar para abastecimento de água da vila de Manhiça.

#### **1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a) Determinar a demanda para o abastecimento de água;
- b) Dimensionar o sistema solar de captação de água;
- c) Estudar a avaliação económica do projeto.

### **1.4. ESTRUTURA DO TRABALHO**

Esta Tese de Licenciatura é constituída por 7 capítulos incluindo o capítulo introdutório.

Capítulo II: estuda as condições relevantes da vila, como o clima, que é um fator de extrema importância para a montagem do sistema solar, Recursos Hídricos que nos permitem identificar de forma superficial a questão dos lenções freáticos para a obtenção de água. E os fatores da Economia e Serviços para posteriores estudos da viabilidade do sistema.

CAPÍTULO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO, sendo que neste capítulo são abordados as questões relacionadas a demanda de água, que é influenciada pela quantidade da população no período atual e pelo aumento do número de indivíduos ao passar dos anos, desta forma é necessário ser estudada a questão da quantidade de água que será necessária se produzir por meio de um estudo geofísico para o abastecimento da população que abrange a vila, que vão culminar com a escolha da bomba para produzir essa quantidade de água, e posterior dimensionamento do sistema solar para a captação de água.

Capítulo IV: A estrutura para os tanques deve ser dimensionada de tal forma que a água possa chegar as zonas abrangidas incluídos as zonas acidentadas de modo a permitir que água chegue a todo que estão incluídos no projeto, desta forma nesse capítulo são abordadas todas as questões relacionadas a dimensionamento da estrutura metálica para os tanques.

Capítulo V: A eficiência do sistema solar depende da facilidade que os painéis solares têm de captarem os raios solares durante o seu funcionamento, desta forma devem ser estudadas cuidadosamente todos os elementos relacionadas a estrutura dos painéis solares desde a sua implantação até a sua proteção contra a corrosão desta forma fatores como o tipo de material, a inclinação da estrutura e o tipo de soldadura serão abordadas de forma cuidadosamente neste capítulo.

Capítulo VI: Os Resultados obtidos são apresentados e discutidos, posteriormente é conduzida a avaliação económica do projeto a partir da análise dos custos, indicadores de viabilidade e impacto ambiental.

Capítulo VII: Apresenta montagem e as conclusões obtidas ao longo do estudo e recomendações.

## **1.5. METODOLOGIA**

- Recolha de dados relativos à população da Vila da Manhiça, através dos censos populacionais de 2007 e 2017, fornecidos pelo INE (Instituto Nacional de Estatística);
- Consulta do manual referente à cadeira de máquinas hidráulicas, sistemas energéticos, transmissão de calor e massa;
- Consulta à internet;
- Consultas ao supervisor.

## **1.6. Problematização**

Em muitas comunidades a água subterrânea profunda é extraída através de bombas elétricas, mas a eletricidade é cara e em alguns casos, não é disponível, então as bombas submersíveis elétricas são movidas por meio de geradores a diesel. Esses geradores trazem uma série de desafios a comunidades rurais. São muitas peças em movimento, o que significa que de tempo em tempo, precisam de revisão e duas vezes por ano uma enorme revisão é necessária. Uma revisão cara e complicada, mas essencial para evitar prejuízos, além disso o gerador é movido a combustível, que é caro e emite dióxido de carbono.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA  
SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

Então durante a vida útil do gerador a comunidade paga continuamente pelo combustível, manutenção e troca de peças.

Nesta perspectiva no presente trabalho iremos apresentar uma fonte alternativa para o sistema de captação de água para as comunidades.

## **CAPÍTULO II - ESTADO DA ARTE**

### **2.1. BREVE DESCRIÇÃO DO DISTRITO DA MANHIÇA**

#### **2.1.1. Localização**

Manhiça é uma vila e um município moçambicano, sede do distrito do mesmo nome, na província de Maputo. A vila encontra-se localizada a cerca de 70 km a norte da cidade de Maputo, na estrada nacional que liga com o norte do país e situada na margem direita do rio Incomati. O município tem uma superfície de cerca de 250 km<sup>2</sup> e uma população de 57 512 em 2007.

#### **2.1.2. Clima**

A região é dominada por um clima tropical húmido no litoral e tropical seco no interior. As precipitações médias anuais variam de 500mm a 800mm, concentrando-se no período que vai de novembro a março do ano seguinte. A evapotranspiração potencial, em média, está na ordem de 1200mm a 1400mm. A temperatura média anual é de 26.5°C, sendo a máxima de 32.5°C e a mínima de 20°C.

#### **2.1.3. Recursos Hídricos**

O distrito não possui qualquer outro potencial hídrico, para além do Rio Incomati, de corrente permanente e de grande caudal.

#### **2.1.4. Economia e Serviços**

De um modo geral, a agricultura é praticada manualmente em pequenas explorações familiares em regime de consociação de culturas, com base em variedades locais.

## **2.2. Terminologia Base do Sistema de Abastecimento de Água**

Para a melhor compreensão e interpretação do projeto, são apresentados a seguir alguns conceitos teóricos básicos que constituem o Sistema de Abastecimento de Água.

### **2.2.1. Necessidade de Água**

É a quantidade de água que se precisaria dispor para que os habitantes de um determinado aglomerado usufruíssem dela sem quaisquer restrições de ordem quantitativa.

O correspondente consumo em água nessa comunidade é aquela quantidade de água que efetivamente é produzida e consumida pelos utentes do sistema.

### **2.2.2. Consumo Doméstico**

Compreende a água utilizada para beber, cozinhar, para higiene pessoal e evacuação de digestos, para climatização das habitações, lavagem de roupas, rega de jardins e quintais e enchimento de piscinas privadas. A água deve ter uma qualidade muito boa e não conter quaisquer elementos prejudiciais a saúde humana.

$$C_{dom} = \sum(\text{capitação} * \text{população}) \quad (\text{Eq.1})$$

### **2.2.3. Consumo Público/Comercial**

Compreende o consumo de água em serviços públicos, como sejam hospitais, restaurantes, locais de espetáculos, lojas, regadios de jardins públicos, lavagem de ruas e extinção de incêndios. A qualidade necessária nesses casos varia com a utilização, mas como este consumo normalmente é reduzido face ao consumo doméstico, geralmente é satisfeito pela rede de abastecimento doméstico.

$$C_{P/C} = \sum(\text{captacão específica} * \text{actividade}) \quad (\text{Eq.2})$$

#### **2.2.4. Perdas**

As perdas de água são na prática estimadas através de diferença existente entre o consumo faturado e o volume de água produzido. O volume de perdas depende dos processos no sistema de abastecimento de água (perdas no tratamento), do estado de conservação dos sistemas de adução e distribuição (fugas de água normalmente ligadas em ligações, válvulas, contadores, torneiras estragadas, etc.), da eficiência dos sistemas de factoração e cobrança e do nível de controlo efetuado na rede de distribuição (controle sobre ligações clandestinas).

$$Q_{perdas} = \alpha * Q_{util} \quad (\text{Eq.3})$$

#### **2.2.5. Captação**

Volume de água que é atribuído a um indivíduo ou atividade por dia.

#### **2.2.6. Horizonte de Projeto**

Período utilizado no dimensionamento dos sistemas tendo em atenção fatores técnico económicos, financeiros e sociais tais como o período de vida útil das instalações e equipamentos, o ritmo de crescimento urbano e a facilidade de ampliação dos sistemas.

#### **2.2.7. Sistema de Abastecimento de Água**

Conjunto de órgãos e acessórios (captação, rede de adução, estações de tratamento, redes de distribuição e instalações complementares, como reservatórios e sistemas elevatórios), destinado à distribuição de água para satisfação de consumo doméstico, comercial, industrial, público e outros.

#### **2.2.8. Fator de Ponta Mensal ( $fp_1$ )**

É a razão entre o consumo do mês com maior consumo pelo consumo médio anual nesse sector da cidade ou comunidade.

$$fp_1 = \frac{Q_{max}(mensal)}{Q_{med}(anual)} \quad (\text{Eq.4})$$

### **2.2.9. Fator de Ponta Diário (fp<sub>2</sub>)**

É a razão entre o consumo no dia de maior consumo e o consumo médio semanal.

$$fp_2 = \frac{Q_{max}(diario)}{Q_{med}(Semanal)} \quad (\text{Eq.5})$$

### **2.2.10. Fator de Ponta Horário (fp<sub>3</sub>)**

É a razão entre o consumo a máxima hora do dia pelo consumo médio ao longo de um dia.

$$fp_2 = \frac{Q_{max}(horario)}{Q_{med}(diario)} \quad (\text{Eq.6})$$

## **CAPÍTULO III – MEMÓRIA DE CÁLCULO**

### **3.1. DEMANDA DE ÁGUA**

#### **3.1.1. Determinação da taxa de crescimento da população**

Irá analisar-se a taxa de crescimento populacional através de dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Estatística (INE).

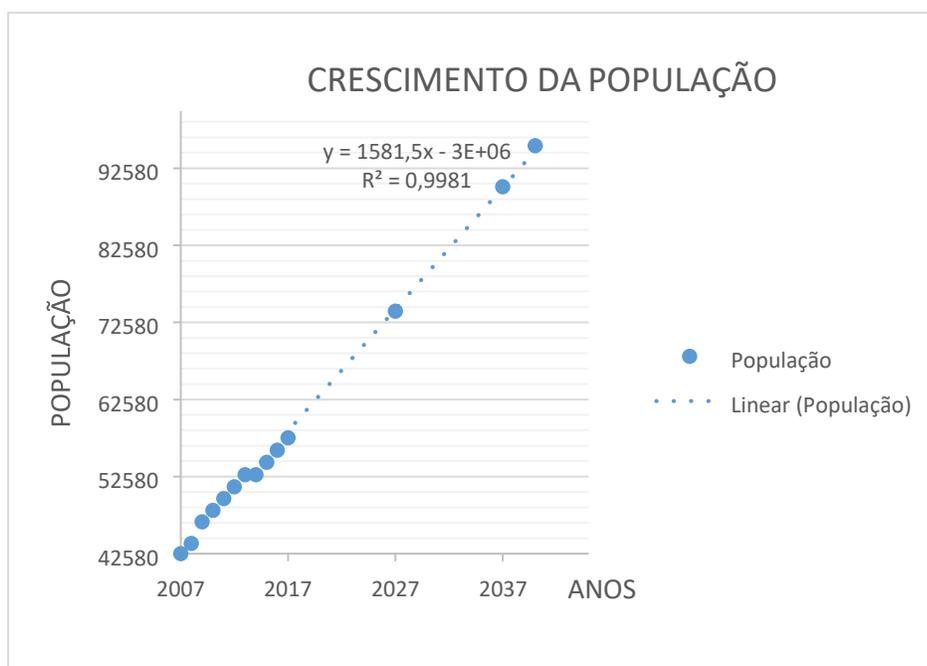
Com a análise dos dados das projeções da população do distrito pode constatar-se que tem o crescimento aritmético, daí que se assume o mesmo para determinação da população presente e futura.

*Tabela 1: Projeção da população*

<b>Ano</b>	<b>População</b>
2007	401
2008	439
2009	467
2010	481
2011	497
2012	512
2013	528
2014	528
2015	544
2016	560
2017	576

Fonte: INE

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Gráfico 1: Correlação do crescimento da população.*

*Tabela 2: população do distrito de Tavira.*

Ano	População
2007	401
2017	576

$$\alpha = \frac{(P_f^{2012} - P_0^{2007})}{\Delta t} * \frac{1}{P_0^{2007}} = \left( \frac{576 - 401}{10} \right) * \frac{1}{401} * 100\% = 4,36\% \quad (\text{Eq.7})$$

A taxa de crescimento é de 4.36%.

$$\alpha_{Vila} = 4.36\%$$

### 3.1.2. Determinação da População Presente, Intermédia e Futura

O gráfico 1 mostra que o crescimento populacional da vila de Manhiça(tavira) segue o método aritmético que é baseado na hipótese no crescimento populacional linear. O método aritmético é expresso por:

$$P_f = P_0 * (1 + \alpha * \Delta t) \quad (\text{Eq.8})$$

### 3.1.3. População Presente

Os dados fornecidos pelo INE referente à população da Vila de Manhiça(Tavira), através de censo habitacional de 2007, tem-se que a população naquele ano era de 401 habitantes. Através da taxa de crescimento acima calculada, é possível estimar a população presente.

$$P_{2022} = P_{2007} * (1 + \alpha * \Delta t) \quad (\text{Eq.9})$$

$$P_{2022} = 401 * (1 + 0.0436 * 15)$$

$$P_{2022} = 664 \text{ habitantes}$$

### 3.1.4. População Intermédia

Tendo em conta o ano de horizonte 2042, o ano intermédio será 2032, assim sendo, estima-se que a população nesse ano será:

$$P_{2032} = P_{2007} * (1 + \alpha * \Delta t) \quad (\text{Eq.11})$$

$$P_{2032} = 401 * (1 + 0.0436 * 25)$$

$$P_{2032} = 839 \text{ habitantes}$$

### 3.1.5. População Futura

O ano horizonte é 2040, portanto:

$$P_{2042} = P_{2007} * (1 + \alpha * \Delta t) \quad (\text{Eq.12})$$

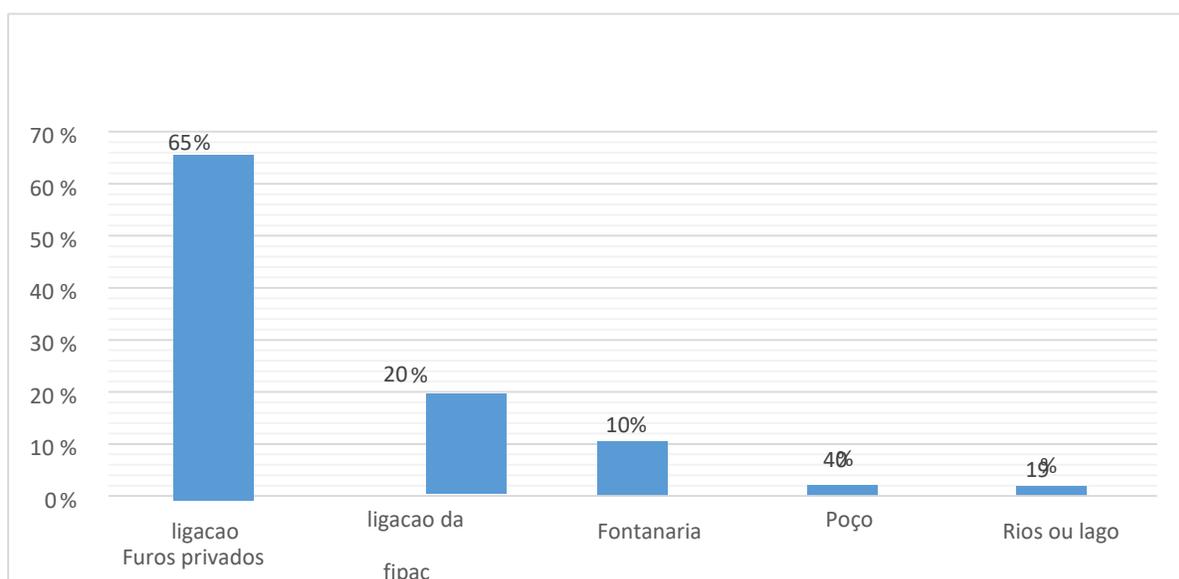
A estimativa foi feita para os seguintes anos: 2022, 2032 e 2042, conforme a tabela abaixo:

*Tabela 3: Estimativa da população.*

População presente <sup>1</sup> (Ano 2022)	População intermédia (Ano 2032)	População futura (Ano 2042)
664 hab.	839 hab.	1 013 hab.

### 3.2. Estimativa das percentagens da distribuição de água

De acordo com o portal do governo 2005 do distrito de Manhiça (Tavira), a distribuição de habitações segundo a fonte de abastecimento de água, tem-se o seguinte gráfico:



*Gráfico 2: Fonte: Instituto Nacional de Estatística, dados do censo de 2017*

<sup>1</sup> Considera-se 2022, como ano presente visto que o horizonte de SAA é de 20 anos contados a partir da data de entrada em funcionamento do sistema.

*Tabela 4: Estimativa das percentagens da distribuição de água em função do tempo*

	Presente	Intermédio	Futuro	Captação
	2022	2032	2042	
<b>Ligação de furos privados</b>	55%	70%	85%	4 000L/d
<b>Ligação da fipag</b>	25%	25%	14%	5 000L/d
<b>Fontanária</b>	10%	3%	1%	1 000L/d
<b>poços</b>	7%	1%	0%	500 L/d
<b>Outros</b>	3%	1%	0%	300 L/d

### 3.2.1. Caudal domestico ( $Q_D$ )

Tsutiya (2006) recomenda a Equação 1 para o cálculo da vazão de projeto para redes de abastecimento de água.

$$Q_D = K_1 * K_2 * \frac{n_p * q}{3600 * h} \quad (\text{Eq.13})$$

Onde:

- $Q_D$  = vazão em L/h;
- P = população a ser atendida;
- q = consumo médio per capita, incluindo as perdas de água, L/hab dia;
- $k_1$  = coeficiente do dia de maior consumo;
- $k_2$  = coeficiente da hora de maior consumo;
- h = número de horas de funcionamento do sistema da unidade considerada.

Os valores dos coeficientes  $k_1$  e  $k_2$ , de acordo com a ABNT (1992) NBR 12211 devem ser obtidos através de dados existentes na localidade, e quando esses dados não existirem, devem ser adotados valores recomendados pela literatura. A ABNT (1986) 9649, recomenda que na ausência de dados estatísticos, sejam adotados os valores 1,2 e 1,5 para  $k_1$  e  $k_2$ , respectivamente.

Esses valores, também são os recomendados pelo Manual de Projetos Hidros sanitários da SANEPAR (2019a).

É importante destacar que o coeficiente  $k_2$  é utilizado apenas para o dimensionamento das redes distribuição de água. Além disso, para as unidades a montante dos reservatórios de água tratada deve ser prevista a vazão de consumo da ETA, geralmente, um acréscimo de aproximadamente 3% na vazão calculada (TSUTIYA, 2006).

A taxa de consumo per capita ( $q$ ) varia conforme o local de projeto. O manual de projetos hidros sanitários da SANEPAR (2019a) recomenda a adoção dos seguintes valores para fins residenciais:

- Residência padrão popular = 100 l/hab.dia;
- Residência padrão médio = 150 l/hab.dia;
- Residência padrão alto = 250 l/hab.dia.

Consumidores industriais que forem servidos pela rede de abastecimento, de acordo com a ABNT (1992) NBR 12211, devem ter seus consumos de projeto avaliados com base no histórico de consumo do local. Além disso, segundo a norma, futuros aumentos de consumo devem ser avaliados e previstos, considerando estimativas de crescimento ou critério fixado pelo contratante.

Sendo assim, a vazão é um parâmetro importante no dimensionamento e deve ser baseada na população a ser abastecida, no consumo de água per capita por dia, e também, nas

variações diárias e horárias de demanda (TSUTIYA, 2006; AZEVEDO NETTO, FERNANDEZ, 2015).

No que tange à projeção populacional, os projetos de saneamento devem ser realizados considerando um horizonte de projeto de pelo menos vinte anos, devem ser avaliados anualmente e revisados a cada quatro anos.

a) Presente 2022

$$Q_D = K_1 * K_2 * \frac{n_p * q}{3600 * h} \quad (\text{Eq.14})$$

$$Q_D = 1,2 * 1,5 * \frac{664 * 150}{3600 * 8}$$

$$Q_D = 6,225 \text{ l/s} \approx 22\,410 \text{ l/dia}$$

### **Caudal útil ( $Q_{ut}$ )**

$$Q_{ut} = Q_D + Q_{IND} + Q_{P/c} \quad (\text{Eq.15})$$

A vila de Tavira é predominantemente rural, onde comércio, a pequena indústria local (carpintaria, artesanato, processamento de produtos agrícolas, etc) surgem como alternativa a atividade agrícola. Com base nestes dados assumiu-se as seguintes percentagens para o caudal industrial e público comercial, 5% e 10% do caudal doméstico, respetivamente.

$$Q_{ut} = 22\,410 + 0,05 \times 22\,410 + 0,1 \times 22\,410$$

$$Q_{ut} = 25\,772 \text{ l/dia}$$

Perdas ( $Q_P$ )

Assumindo que as perdas representam 10% do caudal útil tem-se:

$$Q_P = 10\% \times Q_{ut} \quad (\text{Eq.16})$$

$$Q_P = 0,1 \times 25\,772$$

$$Q_P = 2\,577 \text{ l/dia}$$

### **Demanda total ( $Q_{total}$ )**

$$Q_{total} = Q_{ut} + Q_P \quad (\text{Eq.17})$$

$$Q_{total} = 25\ 772 + 2\ 577$$

$$Q_{total} = 28\ 349 \text{ l/dia}$$

b) para o ano de 2032

$$QD = K_1 * K_2 * \frac{n_p * q}{3600 * h} \quad (\text{Eq.18})$$

$$QD = 1,2 * 1,5 * \frac{834 * 150}{3600 * 8}$$

$$QD = 7,82 \text{ l/s} \approx 28\ 152 \text{ l/dia}$$

$$Q_{ut} = 28\ 152 + 0,05 \times 28\ 152 + 0,1 \times 28\ 152$$

$$Q_{ut} = 32\ 375 \text{ l/s}$$

$$Q_P = 10\% \times Q_{ut}$$

$$Q_P = 0,1 \times 32\ 375$$

$$Q_P = 3\ 237 \text{ l/dia}$$

**Demanda total ( $Q_{total}$ )**

$$Q_{total} = Q_{ut} + Q_P \quad (\text{Eq.19})$$

$$Q_{total} = 32\ 375 + 3\ 237$$

$$Q_{total} = 35\ 612 \text{ l/dia}$$

d) para o ano de 2042

$$Q = K_1 * K_2 * \frac{n_p * q}{3600 * h} \quad (\text{Eq.20})$$

$$Q = 1,2 * 1,5 * \frac{1013 * 150}{3600 * 8}$$

$$Q = 9,496 \text{ l/s} \approx 34\ 188 \text{ l/dia}$$

$$Q_{ut} = 34\ 188 + 0,05 \times 34\ 188 + 0,1 \times 34\ 188$$

$$Q_{ut} = 39\ 317 \text{ l/dia}$$

$$Q_P = 10\% \times Q_{ut}$$

$$Q_P = 0,1 \times 39\ 317$$

$$Q_P = 3\,931 \text{ l/dia}$$

**Demanda total ( $Q_{total}$ )**

$$Q_{total} = Q_{ut} + Q_P \quad (\text{Eq.21})$$

$$Q_{total} = 39\,317 + 3\,931$$

$$Q_{total} = 43\,248 \text{ l/dia}$$

### 3.3. PESQUISA GEOFÍSICA

O trabalho de campo incidu mais na investigação através SEVs que consiste na medição de resistividade a uma certa profundidade a detetar do dispositivo de Schlumberger, Sondagem Elétrica Vertical (SEV). A SEV consiste na medição da resistividade elétrica das formações geológicas num mesmo sítio.

O aumento sucessivo da distância entre os elétrodos de corrente A e B permite que a corrente elétrica atinja profundidades cada vez maiores e deste modo obtêm-se uma “noção” geral do substrato geológico em causa.

Importa salientar que valores resistividade baixo inferiores a 10 Ohm pode indicar a ocorrência de material com pouca transmissibilidade (argila) ou a ocorrência de aquífero com aqua salobre.

#### 3.3.1. Trabalho de Campo e Resultados

O trabalho de campo incidu no uso do método geoelectrico através do dispositivo de Schlumberger para efetivação de Sondagem Elétrica Vertical (SEV). Foi efetuada 2 SEV.

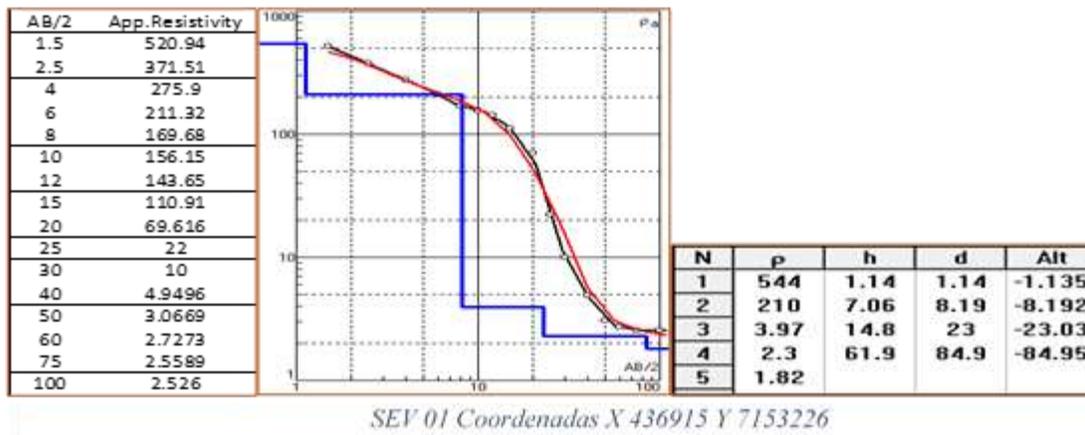
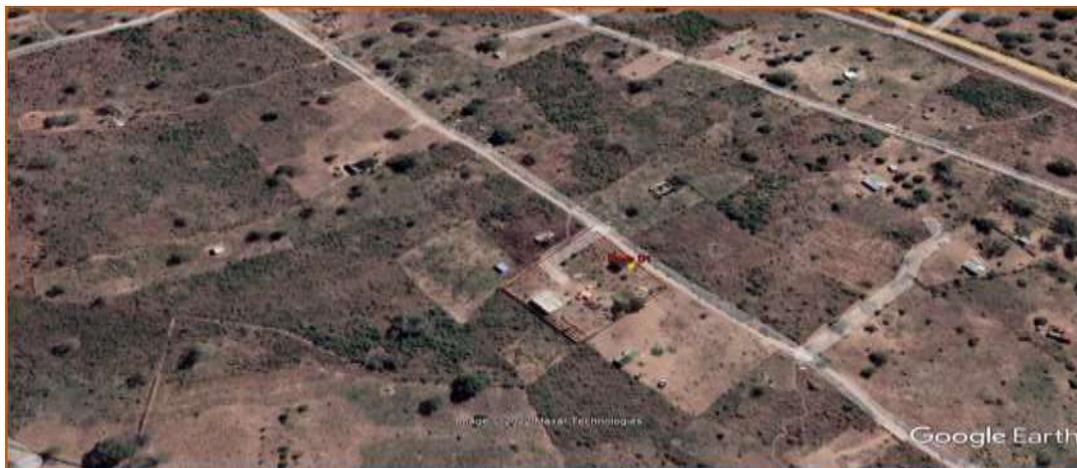


Figure 11. SEV 01 Coordenadas x436915 Y 7153226



*Figure 12* Imagem via Satélite da Área de Estudo

Os dados de campo foram interpretados usando-se o modelo de camadas de resistência que inferem sobre os diferentes horizontes geológicos.

Da interpretação gráfica dos dados obtidos nos dois pontos pesquisados apresenta a mesma configuração da curva, em que os valores de resistividade são elevados na ordem de 300 Ohm.m nas primeiras camadas até a profundidade de 5-3 metros e com o incremento da profundidade os valores de resistividade decrescem de uma forma acentuada e com tendência a estabilizar na ordem de 3 Ohm.m a uma profundidade de 30-60 metros.

De acordo com interpretação pode-se concluir que a área em estudo ocorre dois aquíferos, o primeiro é freático com água doce a uma profundidade inferior a 12-15 metros, com caudal inferior a 5000 l/h, constituído de areias finas a médias. O segundo aquífero ocorre a profundidade que varia de 40-60 metros, constituído por areias mais finas, com caudal aproximadamente igual 12 000 l/h.

Em termo quantitativo recomenda-se a exploração do segundo aquífero com água salobre com profundidade de 40-60 metros.

### 3.4. ESCOLHA DA BOMBA

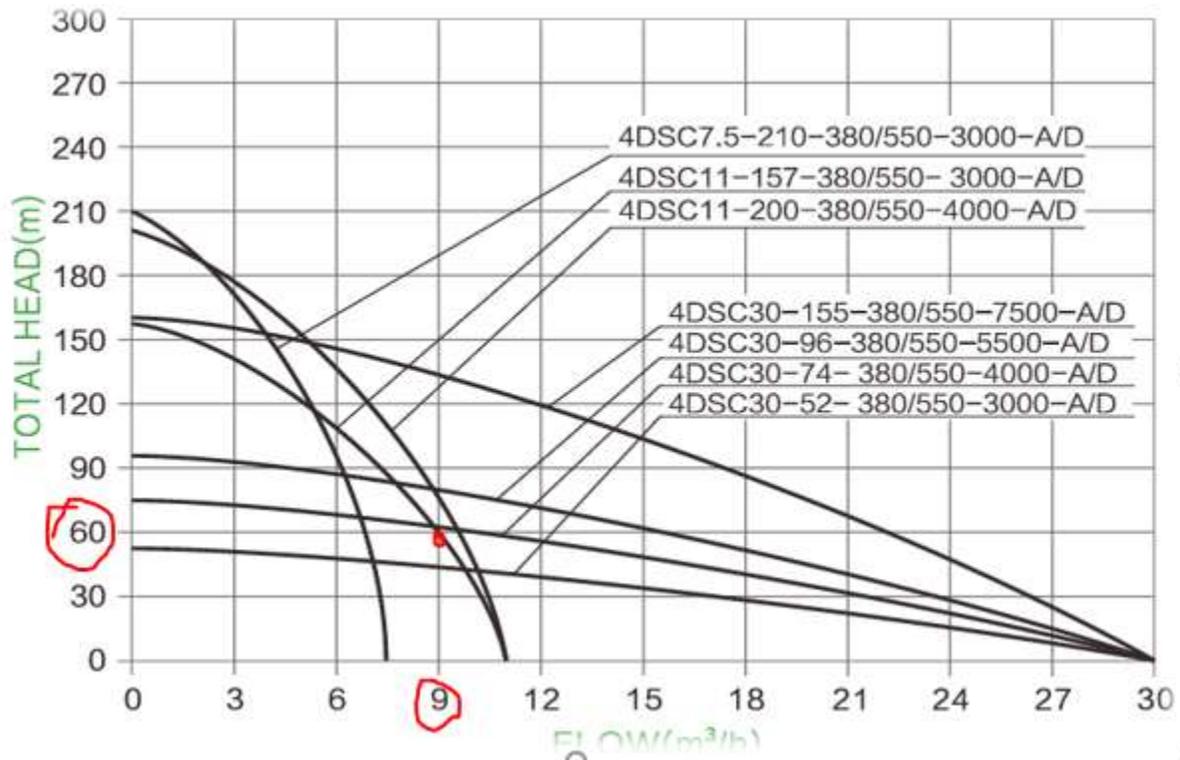


Figure 13: gráfico das bombas.

Bombas De Poço Submersíveis Solares Híbridas AC/DC



Figure 14: bomba escolhida

### **3.4.1. Detalhes do produto**

Características do material da bomba submersível de poço solar: Impulsor e difusor AISI304 e eixo da bomba Rolamento axial de grafite de alta precisão e alta resistência 100% motor de enrolamento de fio de cobre.

Características do motor submersível: motor submersível síncrono sem escova magnético permanente Estrutura de blindagem dupla com lubrificação e refrigeração a água, sem risco de poluição aos recursos hídricos.

Caixa do motor AISI304 e motor de enrolamento de fio de cobre 100%.



*Figure 15 Inversor de frequência da bomba escolhida.*

Figura 4: Inversor de frequência da bomba escolhida.

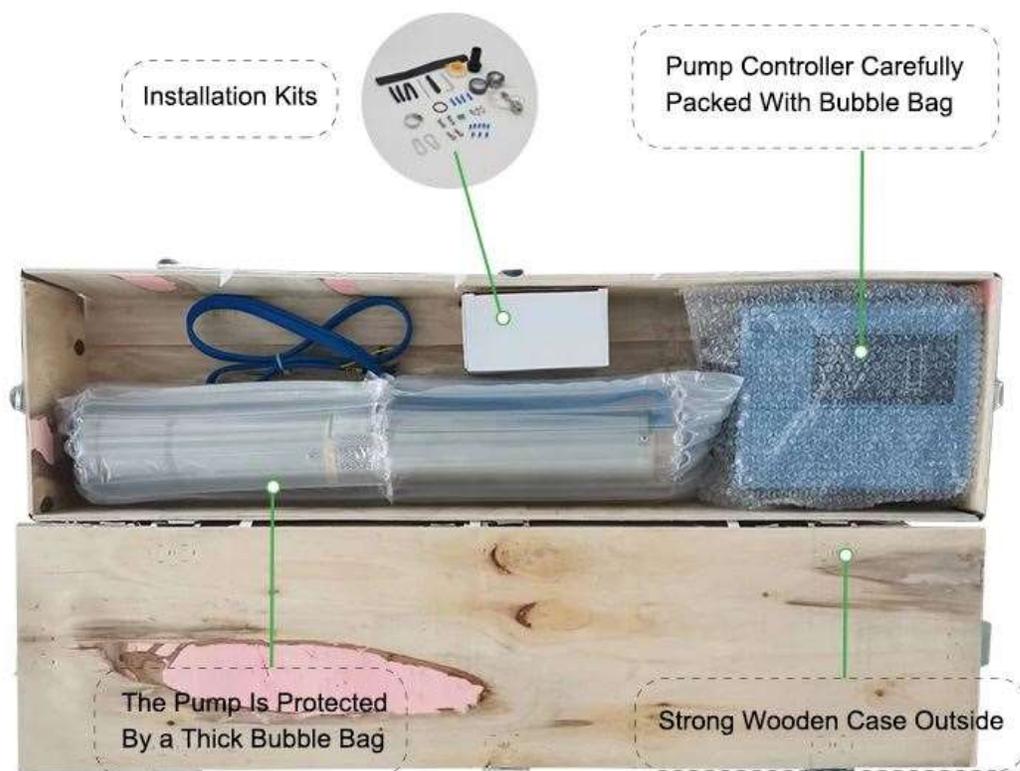
Recursos de controle do inversor MPPT AC/DC O LCD exibe o parâmetro em execução e o código de falha Partida e parada automáticas (2 interruptores flutuantes disponíveis) Funções de partida suave e Auto VFD.

Funções MPPT: otimiza a taxa de utilização de energia solar Multi-proteções: proteção contra funcionamento a seco, proteção contra sobrecarga, proteção contra sobrecorrente, proteção contra alta temperatura, proteção contra perda de fase de saída Fácil instalação e baixa manutenção 4 Modos de Operação: Apenas modo DC, Apenas modo AC, Modo Automático (Mudança automática para AC quando a energia DC é fraca), Modo Híbrido: coordenada AC e DC) Ampla Compatibilidade: Compatível com entrada de energia AC e DC Compatível com painéis solares populares compatível com energia AC do gerador.

### **Especificações**

- Diâmetro 2";
- Potência 3000 Watt;
- Tensão CA: 280~380 V; e
- Tensão DC: 420~550 V.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 16: kit completo da escolhida.*

Elementos do kit:

- 1 bomba de impulsor solar S/S AC/DC de 2 polegadas com um cabo de 2 m;
- 1 x controlador de bomba AC/DC com função MPPT;
- 1 x float switch de aço inoxidável (sensor para tanque);
- 1 x Conector da junta de saída da bomba;
- 1 x kit de emenda para junção de cabo; e
- 1 x kit de emenda para impermeabilização

### 3.5. CALCULO DE NÚMERO DE PAINEL SOLAR

O painel solar monocristalino ou policristalino é o equipamento usado para captar a radiação do sol.

O **painel solar monocristalino** é um painel mais puro, com bordas arredondadas, cujas células têm coloração mais escura e uniforme.

O **painel solar policristalino** é quadrado, não tem ângulos arredondados e predomina a cor azul, sem homogeneidade. Esse módulo resulta da fusão do silício bruto, que é um processo mais ágil e, conseqüentemente, não requer investimentos muito altos.

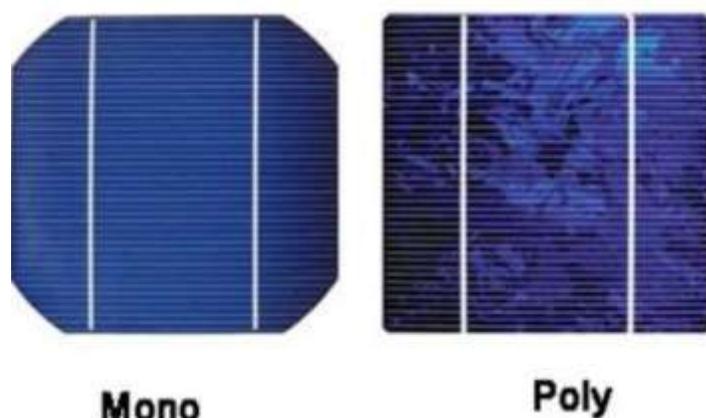


Figure 17: Comparação entre células de silício monocristalino e policristalino.

#### 3.5.1. Eficiência

O painel monocristalino é o mais eficiente, garantindo mais eficiência quanto à potência. O percentual de eficiência fica entre 15% a 20%, sendo que alguns protótipos recentes já alcançam 50% de eficiência.

O painel policristalino tem um nível mais baixo de eficiência, entre 13% e 18%. Ainda que seja uma diferença pequena, vale lembrar que o projeto de um sistema fotovoltaico abrange um grupo de módulos. Assim, em quantidade, essa variação vai se tornar significativa.

A menor eficiência dos painéis policristalinos se deve ao fato de que os fragmentos fundidos de silício deixam menos espaço para que os elétrons se movimentem.

### **3.5.2. Escolha do tipo de painel solar**

O material mais usado na composição das células fotovoltaicas é o Silício monocristalino, ostentando assim cerca de 60% da quota de mercado. A uniformidade da estrutura molecular resultante da utilização de um cristal único é ideal para potenciar o efeito fotovoltaico.

É importante conhecer, pesar em uma balança e, só então, decidir-se entre painel solar monocristalino ou policristalino. Podemos destacar as seguintes vantagens do painel solar monocristalino:

- Muito eficiente na produção de energia;
- Necessidade de menos espaço para os painéis;
- Maior tolerância às temperaturas altas e menor geração de calor;
- Alta durabilidade (a maior parte dos fabricantes garante 25 anos de vida útil, mas a durabilidade costuma ultrapassar os 30 anos).

A eficiência de cada célula fotoelétrica é maior que a de um painel como um todo. Isso ocorre porque durante o encapsulamento da célula, que ocorre enquanto a placa está sendo montada, a luz que alcança a superfície da célula é filtrada pelo vidro que está sobre a placa e pelo material encapsulante (EVA), diminuindo a eficiência total do painel.

O painel solar policristalino, podemos dizer que é mais econômico, com o melhor preço no mercado. Assim, ele é:

- Menos caro;
- Durabilidade semelhante à do painel monocristalino;
- Menos resíduos durante a produção do painel;

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

- Comercialmente, pode ser mais viável, já que marca forte presença no mercado e oferece preço mais competitivo.

Para esse projeto vamos optar pelo painel solar monocristalino devido as suas vantagens de produção de energia.

### 3.5.3. Cálculo do lado da tensão contínua

A tensão do sistema solar fotovoltaico precisa atender para o modelo 4DSC11-150-380/550-3000-A/D uma tensão dos painéis solar entre 420V~550, sendo que a tensão de funcionamento recomendado é de 490v em corrente continua.

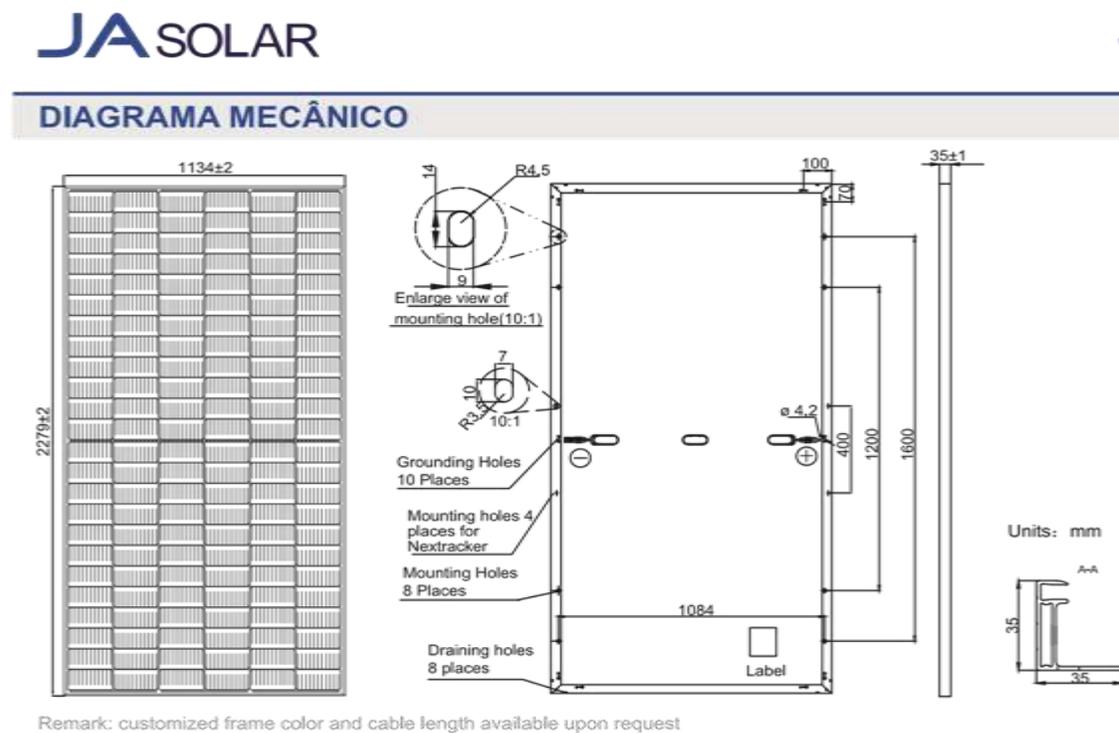


Figure 18: Características do painel solar escolhido.

### Características elétricos.

- Potência máxima (Pmax): 300 W;
- Tensão de potência máxima (Vmp): 36,80 V;
- Corrente da potência máxima (Imp): 13,04 A;

- Tensão de circuito aberto (Voc): 32,75 V;
- Corrente do curto-circuito (Isc): 13,93 A;
- Eficiência do módulo: 21,1 %;
- Temperatura de operação: - 40°C ~ + 85°C;
- Tolerância de potência:  $\pm 5$  W;
- Máximo valor nominal do fusível de série: 25 A

\* Todos os parâmetros das características elétricas são testados nas condições STC: 1000W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 e temperatura de célula de 25°C

### **Características da temperatura**

- Coeficiente de temperatura (Pmax): - 0,35 % / ° C;
- Coeficiente de temperatura (Voc): - 0,275 % / ° C;
- Coeficiente de temperatura (Isc): + 0,045 % / ° C;
- Temperatura nominal de operação do módulo: 45  $\pm$  2 ° C.

### **Dados mecânicos**

- Tipo de célula: Monocristalina;
- Dimensões (mm): 2279 x 1133 x 35 (C x L x A);
- Peso (kg): 28,6;
- Número de células: 144 [6 x 24];
- Quadro: Liga de alumínio anodizado, com barra transversal;
- Caixa de junção: IP68, com 3 díodos;
- Cabo: 4 mm<sup>2</sup> (IEC) ou 12 AWG (UL);
- Conector: T4;

Eficiência da tensão Gerada no circuito aberto.

### Perdas de energia

- $\eta_{pt}$  -(100%-Perdas por temperatura) =100%- 7%=93% Eq.13.2
- $\eta_{ie}$  -(100%-Incompatibilidade elétrica) =100%- 2%=98% Eq.13.3
- $\eta_{Ac}$  -(100%-Acumulo de sujeira) =100%- 2%=98% Eq.13.4
- $\eta_{cc}$  -(100%-Perdas na cablagem) =100%- 1%= 99% Eq.13.5
- $\eta_{ca}$  -(100%-Perdas na cablagem CA) =100%- 1%=99% Eq.13.6

$$\eta_t = \prod_{i=1}^n \eta_i$$

$$\eta_t = (0,93 * 0,98 * 0,98 * 0,99 * 0,99) = 0,87$$

$$V_{oct} = V_{ocp} * \eta_t * N_p \tag{Eq. 13.7}$$

$$N_p = \frac{V_{oct}}{V_{ocp} * \eta_t} \tag{Eq.13.8}$$

$$N_p = \frac{580v}{49 * 0,87}$$

$N_p = 13,6 \approx 14$  painéis solares de 300w, que correspondem a uma soma de potencia de 4 200w.

#### 3.5.4. Cálculo do lado de corrente contínua

A corrente do curto-circuito (Isc) admissível da bomba varia de 1 A-17<sup>a</sup>. Para o painel de 300w temos corrente do curto-circuito (Isc): 13,93 A.

Eficiência da geração é de 87 % a temperatura de operação: - 40°C ~ + 85°C.

### Perdas de energia

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

- $\eta_{pt}$  -(100%-Perdas por temperatura) =100%- 7%=93%;
- $\eta_{ie}$  -(100%-Incompatibilidade elétrica) =100%- 2%=98%;
- $\eta_{Ac}$  -(100%-Acumulo de sujeira) =100%- 2%=98%;
- $\eta_{cc}$  -(100%-Perdas na cablagem) =100%- 1%= 99%;
- $\eta_{ca}$  -(100%-Perdas na cablagem CA) =100%- 1%=99%.

$$\eta_t \prod_{i=1}^n \eta_i$$

$$\eta_t = (0,93 * 0,98 * 0,98 * 0,99 * 0,99) = 0,87$$

$$I_{sct} = I_{scp} * \eta_t * N_p$$

$$I_{sct} = 13,39 * 1 * 0,87$$

$$I_{sct} = 10,8 \text{ A}$$

NB: com esse valor da corrente podemos concluir que o numero de strings necessário, é apenas um. Desta forma esses painéis solares serão ligados em série.

- Número de painéis: 14;
- Número de strings: 1.

### 3.5.4. Cálculo de secção por intensidade admissível (lado cc)

Escolhemos o novo cabo da Prysmian especial para instalações fotovoltaicas PRYSUN e o da General Cable Exzhellent Class Solar projetado de acordo com a norma europeia EN 50618\* e a norma internacional IEC 62930.

O ponto 712.521.101 da HD 60364-7-712 (Sistemas de alimentação solar fotovoltaica) inclui esta norma de projeto.



Figure 19: O cabo PRYSUN da Prysmian e Exzhellent Class Solar da General Cable.



Figure 20: Cabo PRYSUN e o Exzhellent Class.

O cabo PRYSUN da Prysmian e Exzhellent Class Solar da General Cable são projetados de acordo com a norma europeia de referência EN 50618, tendo sido aprovados em ensaios ambientais, mecânicos, químicos e de fogo. É a solução do Prysmian Group de qualidade para o lado de corrente contínua das instalações fotovoltaicas.

O cabo PRYSUN e o Exzhellent Class Solar é adequado para sistemas com isolamento duplo cumprindo com o ponto 712.412.101 da norma HD 60364-7-712.

Para começar, consideramos o valor de intensidade de curto-circuito em condições STC para realizar o cálculo, porque assim obteremos a secção por intensidade admissível e por intensidade de curto-circuito num só cálculo.

- Intensidade de curto-circuito (ISC STC): 9,18 A

No lado de corrente contínua o sistema de instalação será misto:

- Primeiro segmento à intempérie com canal protetor isolante → sistema tipo B2;
- Segundo segmento em tubo em montagem superficial no interior → sistema tipo B2 o.

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

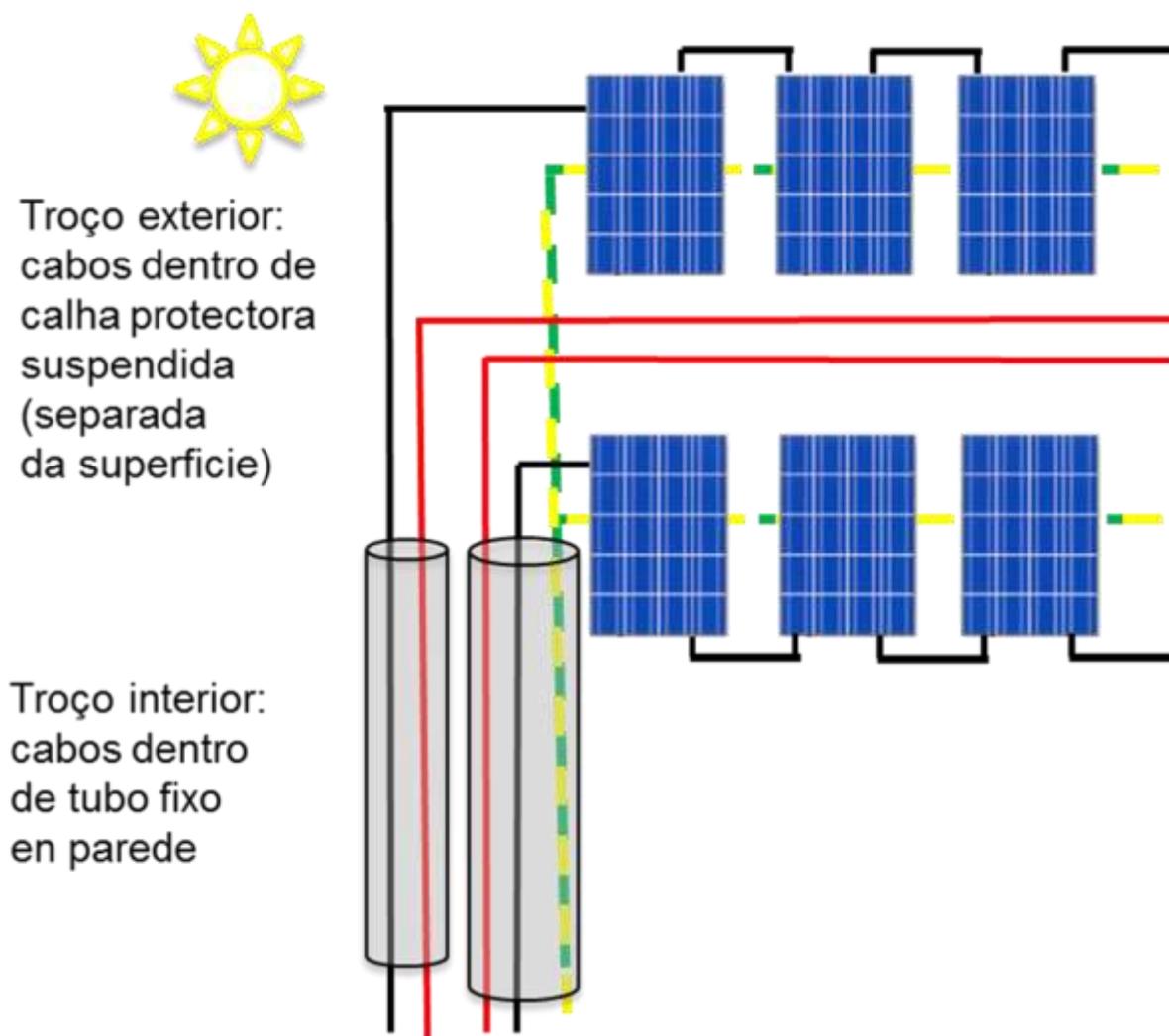


Figure 21: Efeito das tensões nos cabos.

E calculamos a seção por intensidade admissível seguindo as indicações das Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão para os dois sistemas de instalação diferentes (canal protetor e tubo) ao longo do percurso das linhas de corrente contínua, escolhendo a secção solução mais elevada dos 2 casos.

Zona intempérie → sistema de instalação B2

Coeficientes de correção para o segmento exterior:

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

- Por ação solar direta (UNE 20435, pto. 3.1.2.1.4): 0,9;
- Por temperatura de 50 °C em intempérie (quadro 52-D1): 0,82;
- Por agrupamento de 1 circuitos de 1 strings (quadro 52-E1): 0,8 (ver tabela a seguir);
- Por instalação fotovoltaica geradora (IEC 62548): 1,4.

*Tabela 5:Fatores de correção 41*

Refº	Disposição dos cabos	Factor de correção												Quadros e métodos de referência
		N.º de circuitos ou de cabos multicondutores												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Encastrados ou embebidos em elementos da construção	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	52-C1 a 52-C14 A a F
2	Sobre as paredes ou pisos ou sobre caminhos de cabos não perfurados	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	O factor de correção não diminui a partir de 9 cabos			52-C1 a 52-C6 C
3	Nos tectos	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Em canalizações sobre caminhos de cabos, horizontais perfurados ou verticais	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Sobre escadas (para cabos), consola, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				52-C7 a 52-C12 E, F

0,9 é o coeficiente de correção que propõe a norma espanhola UNE 20435 por exposição direta ao sol da canalização. Em França, a NF C 15-100 propõe 0,85. De acordo com a tabela 4 da IEC 62548, o coeficiente de correção da intensidade em aumento deve ser de 1,4. A norma HD 60364-7-712 (secção B2) considera que em certas condições deve aumentar-se o coeficiente 1,25.

A radiação solar extraterrestre, valor máximo teórico da energia solar disponível. É a quantidade total de energia procedente do sol, em todos os comprimentos de onda, por unidade de tempo e por unidade de área de uma superfície normal aos raios solares e à distância média entre a terra e o sol. Segundo o World Radiation Reference Centre (WRRC) o valor é de 1367 W/m². Sendo a intensidade de curto-circuito do painel (ISC STC)

proporcional à radiação e por ter sido calculada em condições padrão a 1000 W/m<sup>2</sup>, o coeficiente a utilizar será 1,4 (≈ 1,367). Se parece elevado recordemos que nos Estados Unidos se utiliza como coeficiente 1,56. 1,25 para o cálculo do cabo em geral e 1,25 pela radiação solar extraterrestre (1,25 x 1,25 = 1,56).

No caso E4 da norma IEC 62548 (Installation and Safety Requirements for Photovoltaic (PV) Generators) e no ponto 712.433.101 da HD 60364-7-712 explicita-se a não necessidade de proteger contra sobreintensidades\* (o que influencia a escolha do coeficiente corretor do aumento de ISC STC [ver tabela 4 da norma citada]). No máximo, derivar-se-ia a corrente de uma cadeia para outra pelo que não é necessário proteger. Será necessário um seccionador para cada cadeia para poder operar nas mesmas e para isolar o inversor.

\*Recomendamos, em qualquer caso, seguir as instruções de fabricantes de proteções.

No caso de mais de 2 cadeias (strings) a corrente de cálculo do cabo será a do dispositivo de proteção contra sobrecargas (ver tabela 4 da IEC 62548).

Aumentamos a intensidade 40 % e aplicamos o resto de coeficientes inversamente para obter a secção de condutor diretamente na tabela de intensidades admissíveis:

$$I'_{\text{ext}} = 9,18 \times 1,4 / (0,9 \times 0,82 \times 0,8) = 22 \text{ A}$$

Com este valor iremos à tabela 6 para obter a secção.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

*Tabela 6: Quadro das secções*

Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Dois condutores carregados	
	Mét. ref. ⇒	B2
Coluna ⇒	2	3
	<i>Condutores de cobre</i>	
1,5	18,5	22
2,5	25	30
4	33	40
6	42	51
10	57	69
16	76	91
25	99	119

Vemos que com 1,5, a secção é muito justa, escolhemos 2,5.

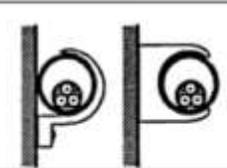
Calculamos agora a secção mínima segundo o sistema de instalação interior para obter l'int e assim procuraremos também a secção mínima de exterior e de interior.

Zona interior → sistema de instalação B2 (na tabela menciona-se um estudo, mas observando a norma de referência HD 60364-5-52 o sistema corresponde a B2 cujas intensidades são ligeiramente inferiores a B). Ou seja, aplica-se a mesma tabela que no caso exterior.

*Tabela 7: coeficiente de correção*

6682-(62)

*Diário da República, 1.ª série — N.º 175 — 11 de Setembro de 2006*

Exemplo	Designação	Ref.	Método de ref. <sup>(1)</sup>
1	2	3	4
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) montadas à vista	3A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não	4	B2

Coeficientes de correção para o segmento interior:

- Por agrupamento de 2 circuitos de 2 strings (quadro 52-E1): 0,8;
- Por instalação fotovoltaica geradora: 1,4

$$I_{int} = 9,18 \times 1,4 / 0,8 = 16,07 \text{ A}$$

Segundo este critério na tabela 52-C14 a secção válida é 1,5 mm<sup>2</sup> pelo que impera o critério anterior e de momento a secção mínima a utilizar no lado de corrente contínua será 2,5 mm<sup>2</sup>.

Tendo em conta que o normal é encontrar conectores para instalações fotovoltaicas para secções 4 – 6 mm<sup>2</sup>. Este condicionante comercial faz com que seja recomendável pensar, de momento, na secção mínima de 4 mm<sup>2</sup> para o lado de corrente contínua.

### **3.5.5. Cálculo de secção por queda de tensão (lado cc)**

Na norma HD 60364-7-712 encontra-se vazios o ponto 712.525 intitulado Queda de tensão nas instalações dos consumidores. Este título também não informava muito, mas estando em branco talvez um dia tenhamos conteúdo que o esclareça. Na ausência de dados concretos de quedas de tensão máximas admissíveis para instalações geradoras de baixa tensão, pode ser razoável pensar em quedas de tensão máximas de 3 % dos painéis até à conexão ao quadro geral de comando e proteção. Isto está validado por recomendações de documentos especializados como o Caderno de Encargos Técnicos de Instalações Conectadas a Rede do IDAE (PCT-C-REV – julho 2011) espanhol.

Os condutores serão feitos de cobre e terão a secção adequada para evitar quedas de tensão e aquecimento. Especificamente, para qualquer condição de trabalho, os condutores devem ter secção suficiente para que a queda de tensão seja inferior a 1,5%.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

Portanto, calcularemos também considerando uma queda de tensão máxima de 1,5% no lado da corrente contínua e outros 1,5% no lado da corrente alternada até ao quadro geral de comando e proteção.

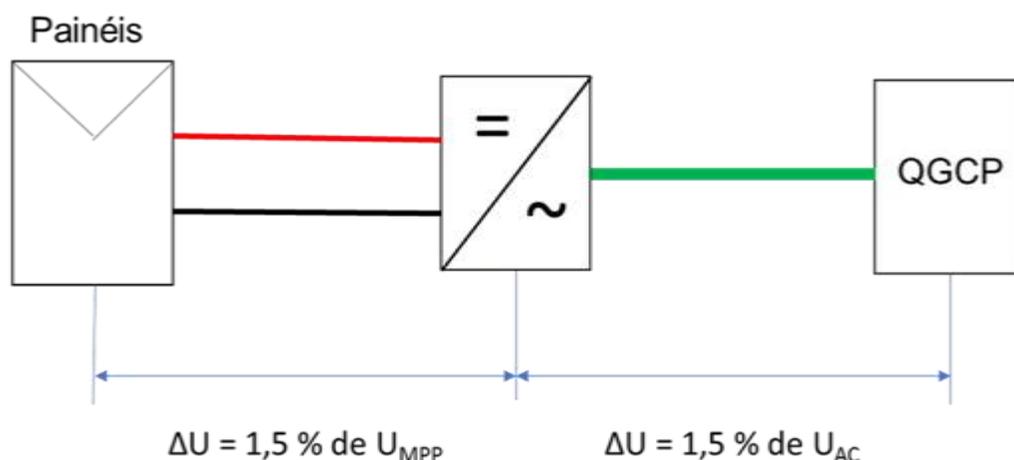


Figure 22: Tensão de cada string.

A tensão de cada string de 14 painéis será:

- $U_{MPP} = 14 \times 36,0 = 504 \text{ V}$

A queda de tensão máxima em volts para o lado de corrente contínua é:

- $\Delta U = 1,5/100 \times 504 = 7,56 \text{ V}$

A condutividade do cobre ( $\gamma$ ) é  $45,5 \text{ m}/(\Omega/\text{mm}^2)$ . Valor a  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  por tratar-se de um cabo Termo estável. Não é um valor muito pessimista, tendo em conta que o cabo PRYSUN pode suportar  $120 \text{ }^\circ\text{C}$  no condutor durante 20.000 horas (esta sobre temperatura pode ocorrer na cablagem dos sistemas fotovoltaicos).

Calculamos a queda de tensão à intensidade nominal, que é a que nos fornece a potência nominal, portanto, o valor do ponto de potência máxima ( $IMPP = 8,64 \text{ A}$ )

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot \Delta u} \quad \text{Eq.16}$$

$$S = \frac{2 * 30 * 8,64}{45,5 * 4,44} = 2,57mm^2$$

A secção mínima por queda de tensão no lado de corrente contínua será, portanto de 4 mm<sup>2</sup>. Critério que prevalece sobre o da intensidade admissível (4 > 1,5).

Assim, o cabo a utilizar será de 1x4 mm<sup>2</sup> tipo PRYSUN para a conexão entre os painéis e o inversor.

### **3.5.6. Cálculo de secção por curto-circuito (lado cc)**

Este cálculo é implícito ao critério da intensidade admissível pois partimos da intensidade de curto-circuito para calcular a secção.

Para além disso, como mencionado acima, ao tratar-se de duas cadeias (strings) de painéis paralelos, nenhuma proteção contra sobreintensidades é necessária, pois uma vez que se produziu um curto-circuito a intensidade em qualquer uma das 2 cadeias não excederá o valor nominal de curto-circuito (dados do painel).

### **3.5.7. Cálculo do lado de corrente alternada**

- Tensão de saída do inversor (UCA): 580 V;
- Intensidade máxima de saída do inversor (intensidade nominal): 21,6 A;
- Comprimento da linha entre o inversor e o quadro geral de comando e proteção: 15 m

### **3.5.8. Cálculo de secção por intensidade admissível (lado ca)**

Escolhemos o cabo Afumex Class 1000 V (AS) ou o Exzhellent Compact 1000 V (AS) instalando-o num tubo fixado na parede.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



Figure 23: Cabo Afumex Class 1000 V.



Figure 24: Cabo Exzhellent Compact.

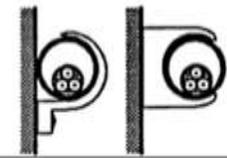
Cabo Afumex Class 1000 V (AS) e Exzhellent Compact 1000 V (AS) de alta segurança com classe de reação ao fogo Cca-s1b.d1.a1

Pelas razões acima expostas, tomaremos como sistema de instalação tipo para cabo multicondutor num tubo em montagem superficial B2.

Tabela 8: Cabos

6682-(62)

Diário da República, 1.ª série — N.º 175 — 11 de Setembro de 2006

Exemplo	Designação	Ref <sup>o</sup>	Método de ref <sup>(1)</sup>
1	2	3	4
	Cabos mono ou multicondutores em condutas circulares (tubos) montadas à vista	3A	(em estudo)
	Condutores isolados em condutas não	4	B2

Da mesma forma, neste caso, trata-se de uma linha com 2 condutores carregados (ao não se considerar nem o neutro nem o de proteção ativo). O cabo é Termo estável (ver lista de cabos termoplásticos e Termo estáveis no catálogo Prysmian de cabos e acessórios para BT).

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

Neste caso, como o inversor já limita a corrente de saída, usamos o valor de 21,6 A para calcular a secção de corrente permitida. O restante dos coeficientes do lado da corrente contínua não é tido em consideração. O circuito é único, não faz parte de um aglomerado, está à sombra no interior e à temperatura padrão de Portugal (30 °C).

Novamente, usamos o mesmo quadro 52-C14 e vemos que a secção 1,5 é muito justa (máximo 22 A ≈ 21,6 A) e iremos para a secção 2.5 que suporta até 30 A.

*Tabela 9: Secções de dois condutores carregados.*

Secção nominal dos condutores (mm <sup>2</sup> )	Dois condutores carregados	
	Mét. ref.⇒	B2
Coluna.⇒	2	3
<i>Condutores de cobre</i>		
1,5	18,5	22
2,5	25	30
4	33	40
6	42	51
10	57	69
16	76	91
25	99	119

Cálculo de secção por queda de tensão (lado ca)

$$\Delta U = 1,5/100 \times 230 = 3,45 \text{ V}$$

Tendo em conta que a corrente nominal é a potência máxima de saída do inversor (21,6 A)

$$S = \frac{2 * L * I * \cos \phi}{\gamma * \Delta u} \quad \text{Eq.18}$$

$$S = \frac{2 * 15 * 21,6 * 1}{45,5 * 3,45} = 4,13 \text{ mm}^2$$

A secção normalizada imediata superior é de 6 mm<sup>2</sup>. O cabo a ser instalado seria o Afumex Class 1000 V (AS) ou o Exzhellent Compact 1000 V (AS) de 3G6.

### 3.5.9. Cálculo de secção por curto-circuito (lado ca)

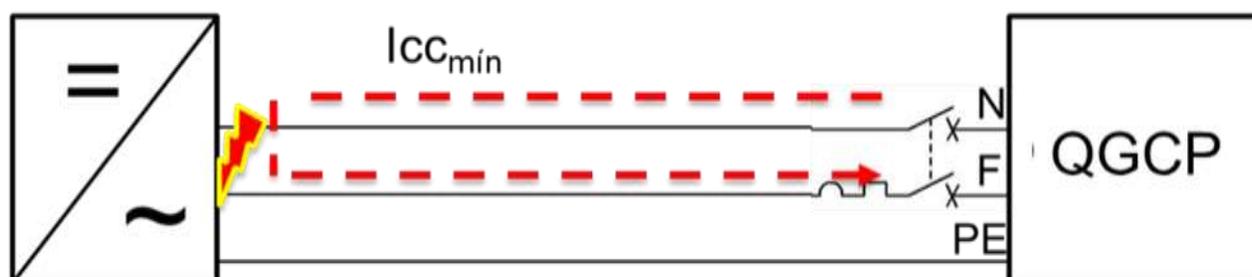
Verificaremos se a secção mínima tecnicamente admissível (6 mm<sup>2</sup>) suporta o curto-circuito mínimo.

A fórmula a seguir permite calcular o valor do curto-circuito:

$$S = \frac{2 * L * I}{\gamma * \Delta u} \quad \text{Eq.16}$$

$$I_{cc} = \frac{0,8 * U}{Z_{max}}$$

O valor a ser considerado para o segmento de corrente alternada e tratando-se de uma instalação geradora, será o curto-circuito mínimo necessário para a proteção antes do quadro geral de comando e proteção, considerando que o curto-circuito ocorre na saída do inversor. Os inversores têm a corrente máxima de saída regulada e, com os cálculos realizados (21,6 A), a secção pelo critério de curto-circuito será suficiente (vista da saída alternada do inversor).



*Figure 25: Simulação da corrente na saída do inversor*

Vamos considerar apenas a resistência para simplificar ao tratar-se de secção pequena a reactância tem pouca influência ( $\approx 0,08 \Omega/\text{km}$ ).

Utilizamos o valor de resistividade do cobre a  $145 \text{ }^\circ\text{C}$  (valor de temperatura estimado para curto-circuito).

Calculamos do cobre a resistividade a  $145 \text{ }^\circ\text{C}$  usando a fórmula da IEC 28:

$$\rho_{\text{CuT}} = 1/58 \times (1 + 0,00393 \times (T-20))$$

$$\rho_{\text{Cu150}} = 1/58 \times (1 + 0,00393 \times (145-20)) = 0,0257 \text{ mm}^2 \cdot \Omega/\text{m}$$

$$Z \approx R = \frac{\rho * L}{S}$$

$$Z \approx R = \frac{0,0257 * 15 * 2}{6} = 0,1285 \Omega$$

$$I_{\text{ccmim}} = \frac{0,8 * 230}{0,1285} = 1432 \text{ A}$$

Se a proteção de curva C antes do quadro geral de comando e proteção é de 32 A (dado que a intensidade máxima será de 21,6 A e o condutor de 6 mm<sup>2</sup> suporta até 51 A (ver tabela de intensidades admissíveis) a corrente mínima que garante o disparo magnético é 320 A, inferior a 1432 A.

$$I_{\text{ccmín}} > I_m = 10 I_n \rightarrow 1432 \text{ A} > 320 \text{ A} = 10 \times 32 \text{ A}$$

A secção de 6 mm<sup>2</sup> é válida pelo critério do curto-circuito. O cabo a instalar será Afumex Class 1000 V (AS) ou o Exzhellent Compact 1000 V (AS) de 3G6.



Figure 26: Cabo Afumex Class 1000 V



Figure 27: Cabo Exzhellent Compact.

NOTA: neste cálculo, pelo critério do curto-circuito, simplificou-se, assim, o circuito de falha. Deve considerar-se a partir do centro de transformação que alimenta o quadro geral de comando e proteção. Na ausência de dados dessas linhas, e como exemplo, foi levada a cabo esta verificação simples, se bem que o mais adequado é ter em conta o circuito completo.

Propriedades conversoras do material deterioram-se, sendo que com a utilização os rendimentos descem para cerca de 6%.

A potência máxima de injeção na rede depende da radiação e temperatura incidente na célula. A radiação incidente é obtida através de medições habitualmente realizadas sobre um plano horizontal, contudo medições efetuadas e estimações realizadas para planos inclinados mostram que a maximização da potência máxima em Portugal é atingida com valores de inclinação de 50° a 60° no inverno e de 5° a 10° no verão. Ainda assim está comprovado que para Portugal o plano de inclinação que mais radiação aproveita ao longo de todo o ano é de 30°, tal como mostra a figura seguinte.

Esta situação poderá não ser diretamente perceptível, para a conseguir compreender irei aprofundar esta temática, a terra descreve uma órbita elíptica em torno do sol, este situa-se num dos focos da elipse. O eixo, em torno do qual a terra gira sobre si própria, está inclinado em relação ao plano da órbita em cerca de 23 graus. Este eixo indica sempre para a mesma direção no espaço. Consequentemente, ao longo do ano, conforme a posição da terra na

órbita, o sol ilumina o globo terrestre de modo diferente, o que determina o comprimento do dia. Define-se declinação como o ângulo entre a direção da radiação solar e o plano do equador.

### 3.6. ESQUEMA DAS LIGAÇÕES DO CIRCUITO ELÉTRICO

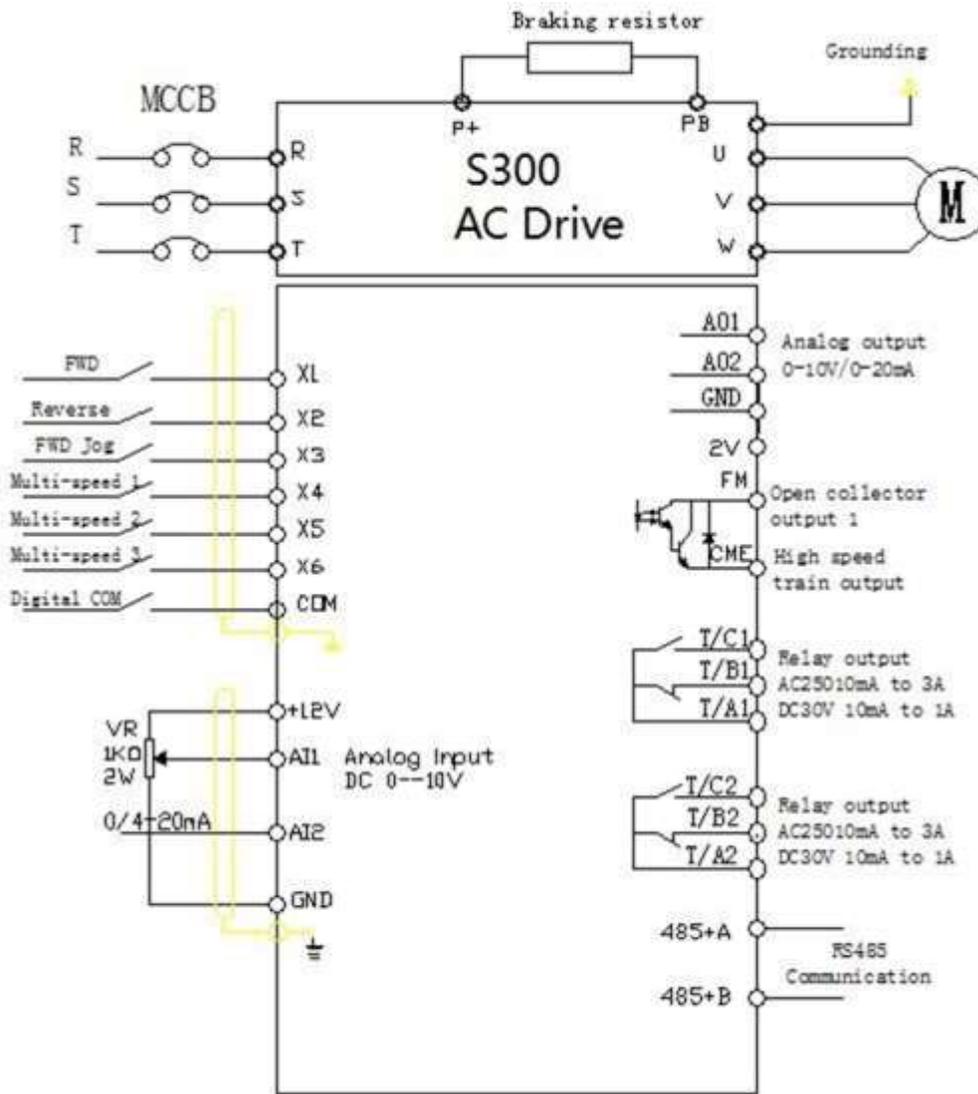


Figure 28:Esquema das ligações da bomba.

Para bombas trifásicas 380VAC deve-se solicitar  $V_{mp}$  506VDC.

Para obter saída de alta tensão dos painéis solares, sempre conectamos os painéis solares em série.

Para painéis solares de 36voc, precisamos fazer a conexão de 14 unidades de painéis solares em série para obter 504VDC.

Inversor de bomba solar Inversor de bomba solar 3.0KW 5HP sistema de energia mista, recebe entrada DC de painéis solares 130-450V e eletricidade doméstica 380V. Ambos os sistemas podem ser usados na saída 380 3P 3.0kw 5Hp

Recebe energia diretamente de painéis solares 300 W, 14 painéis para o acionar do motor da bomba, trifásica 3,0 kW, 5 cavalos de potência.

Você pode alternar o fornecimento de energia entre eletricidade doméstica e célula solar usando um sistema de energia misto.

### **3.7. RESERVATÓRIOS**

As unidades destinadas ao armazenamento de água para absorver as variações de consumo, manter a pressão na rede adequada na rede de distribuição, promover a continuidade do abastecimento em caso de paralisação na produção de água tratada e também para garantir o consumo em casos emergenciais.

Os reservatórios podem ser classificados de acordo com sua posição em relação ao solo e de acordo com sua posição na rede de distribuição.

Os reservatórios de acordo com sua posição em relação ao terreno podem ser:

**Reservatório enterrado:** situa-se totalmente abaixo do nível do terreno, e tem alto custo de execução e difícil descarga;

**Reservatório semienterrado:** ao menos um terço de sua altura situa-se abaixo do nível do terreno;

**Reservatório apoiado:** no máximo um terço de sua altura situa-se abaixo do nível do terreno. Assim como o reservatório semienterrado, são os mais fáceis de construir, e na maior parte dos casos necessitam de isolamento térmico.

**Reservatório elevado:** a cota de fundo do reservatório situa-se acima do nível do terreno. São os mais caros, e por isso só são utilizados quando os demais tipos não atendem os requisitos locais.

Os reservatórios de montante, são caracterizados por sempre fornecer água à rede de distribuição.

Segundo Heller e Pádua (2016), esse tipo de reservatório é o mais utilizado no país, porém, em redes extensas, pode provocar acentuadas variações de carga piezométrica nas extremidades da rede.

Os reservatórios de jusante, são instalados a jusante da rede de distribuição e podem fornecer ou receber água da rede, de acordo com a demanda da rede.

Os reservatórios podem, ainda, ser classificados, conforme Tsutiya (2006), de acordo com seu material. Segundo o autor os principais tipos de materiais empregados na construção de reservatórios são: concreto armado, concreto protendido, chapas metálicas, materiais poliméricos reforçados com fibra de vidro, alvenaria, entre outros.

Recomenda-se que a escolha do material do reservatório deve ser realizada após estudo técnico e econômico, considerando fatores como: condições de fundação, disponibilidade do material, agressividade da água a ser armazenada e do ar atmosférico da região.

### **3.7.1. Pressões máximas e mínimas**

A pressão mínima recomendada pela ABNT (2017) NBR 12218 é de 100 kPa. Esse valor deve ser garantido para que o escoamento tenha, no ponto mais crítico, energia suficiente para alcançar os reservatórios residências. A mesma referência pontua que a pressão máxima na rede deve ser de 400 kPa, sendo tolerável 500 kPa em localidades com relevo bastante acidentado. As pressões máximas são importantes no que compete a resistência mecânica das canalizações e no controle de perdas de água.

### **3.7.2. Velocidade de escoamento**

A velocidade da água nas canalizações está diretamente ligada à segurança e durabilidade das canalizações. Velocidades baixas diminuem a abrasão nos condutos, aumentando, por consequência sua durabilidade. Porém permitem o acúmulo de sedimentos que podem acessar o conduto e, no caso de águas duras facilitam a ocorrência de incrustações (TSUTIYA, 2006).

Por outro lado, as velocidades maiores permitem a escolha de um conduto com diâmetro menor e, conseqüentemente, menor custo. Os aspectos negativos atrelados às altas velocidades elencam ruídos, perdas de carga elevadas e desgaste por abrasão e cavitação nas peças componentes da rede, aumentando os custos de manutenção (TSUTIYA, 2006).

Diante do exposto, a ABNT (2017) NBR 12218 recomenda que devem ser evitadas as velocidades inferiores a 0,40 m/s. O limite superior da velocidade está condicionado a perda de carga unitária máxima de 10 m/km. pressão mínima recomendada pela ABNT (2017) NBR 12218 é de 100 kPa. Com base nos nossos requisitos serão escolhidos tanques de 10mil litros de modo a satisfazer as necessidades da nossa demanda.

## CAPÍTULO VI – DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA PARA TANQUES

### 4.1. BASES DE PILARES METÁLICOS

Os cálculos para o pré dimensionamento dos pilares, bem como as plantas e cortes de um pilar padrão são mostrados a seguir.

Segundo Martins (2006), em geral, as fundações de pilares ou torres em estrutura podem estar submetidas a ações estáticas ou dinâmicas, que solicitam as ancoragens com esforços normais, esforços cortantes e com esforços combinados (normal, cortante e momento fletor).

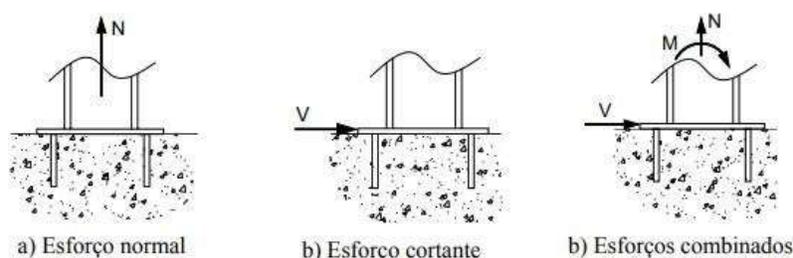
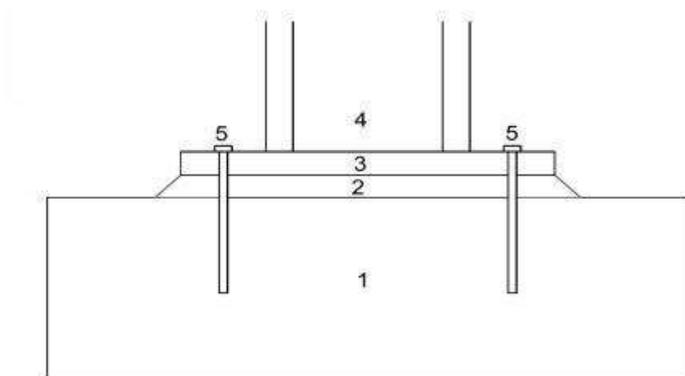


Figure 29: Esforços actantes em bases de pilares metálicos (Fonte: Martins, 2006)

Os elementos que concretizam a ligação são compostos por diferentes materiais, ou seja, os chumbadores, a chapa de base e a secção transversal do pilar são em aço enquanto a fundação e a camada de argamassa de selagem são constituídos por betão e argamassa, respetivamente (Marques, 2013).



*Figure 30: Composição de uma ligação de base de pilares (Fonte: Marques, 2013)*

**Legenda:**

- 1. -Fundação;
- 2. - Argamassa de selagem;
- 3. - Chapa de base;
- 4. - Perfil do pilar;
- 5. – Chumbadores.

## **4.2. FUNDAÇÕES DE TORES**

Em torres autoportantes os esforços de compressão não são os únicos fatores determinantes para o dimensionamento das fundações. Como exemplo, em uma torre de base quadrada, das quatro fundações, necessariamente duas se mantêm tracionadas enquanto duas estão comprimidas. Devido à aleatoriedade da direção dos ventos em algum momento da vida útil da estrutura todas as fundações serão solicitadas à tração. A fim de manter as torres estáveis no solo as fundações devem ser projetadas de modo a resistir aos esforços que as estruturas estão submetidas. O vento que incide na estrutura gera momentos que tendem a derrubar a torre, ocasionando solicitações de tração nas fundações (Zin, 2014).

### 4.3. DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURA

Para realizar o projeto estrutural deve ser efetuada uma análise do projeto arquitetónico, fazendo a escolha dos tipos de varões que serão utilizados e do tipo de ligação que os elementos terão entre si. Deve-se ter muito cuidado com esta fase do projeto, pois algum erro pode causar um prejuízo económico (Rossatto, 2015).

Segundo o REAE, os varões a utilizar nos elementos estruturais devem satisfazer as condições estabelecidas nas respetivas normas portuguesas e os aços que os constituem devem, em geral, ser dos tipos *Fe 360*, *Fe 430* e *Fe 510* cujos valores característicos da tensão de cedência a adotar são: *235 MPa*, *275 MPa* e *355 MPa*, respetivamente.

Os valores das constantes elásticas a considerar são:

- Módulo de elasticidade:  $E = 2,06 \times 10^5$  MPa;
- Coeficiente de Poisson:  $\nu = 0,3$ ;
- Módulo de distorção:  $G = 0,8 \times 10^5$  MPa.

O dimensionamento deve considerar o estado limite último (ELU) e o estado limite de serviço (ELS). Os estados limites últimos relacionam a segurança da estrutura sujeita as combinações mais desfavoráveis previstas durante sua vida útil, e os estados limites de serviço estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais de serviço, ou seja, condições de aparência e conforto.

Para a verificação da estrutura, pelo estado limite último, a resistência de cálculo de cada componente da estrutura deve ser igual ou superior a solicitação de cálculo, ou seja:

$\sigma_{sd} \leq \sigma_{rd}$  para as tensões normais;  $\tau_{sd} \leq \tau_{rd}$  para as tensões tangenciais;

Em que:

$\sigma_{sd}$ ,  $\tau_{sd}$  - valores de cálculo das tensões actantes;

$\sigma_{rd}$ ,  $\tau_{rd}$  - valores de cálculo das tensões resistentes;

Os valores de cálculo das tensões resistentes são dados por:

$$\sigma_{rd} = f_{yd} \quad (1)$$

(2)

Em que  $f_{yd}$  é o valor de cálculo da tensão de cedência (ou da tensão limite convencional de proporcionalidade a 0,2%)

*Tabela 10: Valores de cálculo das tensões resistentes.*

Tipo de aço	$f_{yd}$ [MPa]	$\frac{1}{\sqrt{3}} f_{yd}$ [MPa]
Fe 360	235	135
Fe 430	275	160
Fe 510	355	205

#### **4.4. AÇÕES**

O processo de identificação e quantificação de ações actantes constitui uma fase determinante no projeto de qualquer estrutura. Para uma adequada definição das situações de projeto, e combinações de ações associadas, é fundamental uma correta classificação das ações.

As ações podem ser classificadas de acordo com a sua variação no tempo em:

##### **Ações permanentes**

Para o aço e betão de inertes correntes podem adotar-se os seguintes valores de pesos volúmicos:

Aço .....	77 kN/m <sup>3</sup>
Betão simples .....	24 kN/m <sup>3</sup>
Betão armado e pré-esforçado .....	25 kN/m <sup>3</sup>

### Ações variáveis

- Sobrecargas de utilização;
- Vento;
- Sismo;

### Combinação de ações

#### Combinações fundamentais

$$S_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{gi} S_{Gik} + \gamma_q [S_{Q1k} + \sum_{j=2}^n \Psi_{0j} S_{Qjk}] \quad (3)$$

Em que:

$S_d$  - valor de cálculo do esforço actante;

$S_{Gik}$  - esforço resultante da ação permanente, tomada com o seu valor característico;

$S_{Q1k}$  - esforço resultante da ação variável considerada como ação de base na combinação, tomada com o seu valor característico ( $S_{Ek}$  no caso da ação sísmica);

$\gamma_{gi}$  - coeficiente de segurança relativo às ações permanentes;

$\gamma_q$  - coeficiente de segurança relativo às ações variáveis;

$\Psi_{0j}$  - coeficiente  $\Psi$  correspondente à ação variável de ordem  $j$ .

## **CAPÍTULO V: DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA METÁLICA PARA PAINÉIS SOLARES**

### **5.1. INCLINAÇÃO DA ESTRUTURA METÁLICA DOS PAINÉIS SOLARES**

A estrutura para painéis solares está preparada para suportar cargas de até 200N / m<sup>2</sup> e ventos acima de 28m/s.

Uma estrutura de alta qualidade pode suportar ventos fortes, chuvas pesadas e até mesmo a carga de neve, que é pouco comum em moçambique.

A primeira coisa que devemos selecionar nas guias suspensas são os graus de inclinação. Selecionei 30° para uma superfície plana.

A estrutura foi projetada para fornecer a inclinação necessária aos nossos painéis solares quando eles serão instalados em uma superfície plana ou com uma leve inclinação.

### **5.2. TAMANHO DO PAINEL SOLAR**

Na guia do tamanho do painel, selecionei aquele que se encaixa no nosso painel solar. No caso de painéis de painéis de 14 células de 300w ou potência similar, selecionei a estrutura 2000x1000 mm<sup>2</sup>.

### **5.3. ORIENTAÇÃO DOS PAINÉIS SOLARES**

Para obter a maior produção fotovoltaica diária, recomendamos que os painéis sejam orientados para o norte. Qualquer declínio para o leste ou oeste nos fará perder energia. A melhor maneira de orientar os painéis é usar uma bússola para encontrar o norte geográfico na superfície.

### **5.4. EFEITO DAS SOMBRAS NAS ESTRUTURAS DOS PAINÉIS SOLARES**

Ao escolher o local para a colocação de nossos painéis solares e a estrutura, devemos levar em consideração que não deve haver sombra projetada sobre eles. Uma pequena sombra que cobre apenas uma parte da célula de um painel tem um efeito muito significativo na

queda no desempenho devido à conexão em série de painéis e células. O que afeta um painel é transferido para aqueles que estão conectados a ele. Chaminés, cabos, árvores podem projetar sombras em algumas horas do dia, afetando bastante a produção solar.

### **5.5. TIPO DE SOLDADURA A USAR**

Antes da soldadura de um material, deve-se verificar a sua soldabilidade.

Se o material a ser trabalhado exigir muitos cuidados, tais como controle de temperatura de aquecimento, ou tratamento térmico após soldadura.

Soldadura sem pressão com fusão homogênea e com metal de adição soldadura manual.

Para o seguinte trabalho será usado soldadura manual devido a várias vantagens:

- Processo barato e portátil;
- Soldadura de quase todos os metais;
- Processo versátil; e
- Baixa sensibilidade ao vento;

### **5.6. RESISTENCIA A CORROSÃO**

Os processos corrosivos estão presentes em todos os locais e a todo instante da nossa vida diária.

O maior tipo de corrosão que vai ocorrer nesta estrutura é a corrosão Química, Humidade do ar atmosférico (a corroer superfícies expostas. Ex: Estrutura de uma ponte metálica, postes condutores de eletricidade).

Inibidores de corrosão tais como pinturas anticorrosivas Ex: zincagem, em muitos casos o papel do inibidor é o de formar uma camada (cobertura) superficial fina que serve de proteção contra a corrosão.

## **5.7. ESCOLHA DO MATERIAL DA ESTRUTURA**

O aço, em particular, é a principal escolha para estruturas de montagem de painéis solares devido às suas propriedades vantajosas para a estrutura dos painéis solares. O aço é resistente à corrosão, o que é essencial para estruturas expostas ao ar livre.

Estruturas de aço bem projetadas e instaladas podem prolongar a vida útil do sistema solar, minimizando a necessidade de manutenção e reparos. Além disso, como o aço é reciclável, ele é uma escolha sustentável para a instalação de sistemas de energia solar.

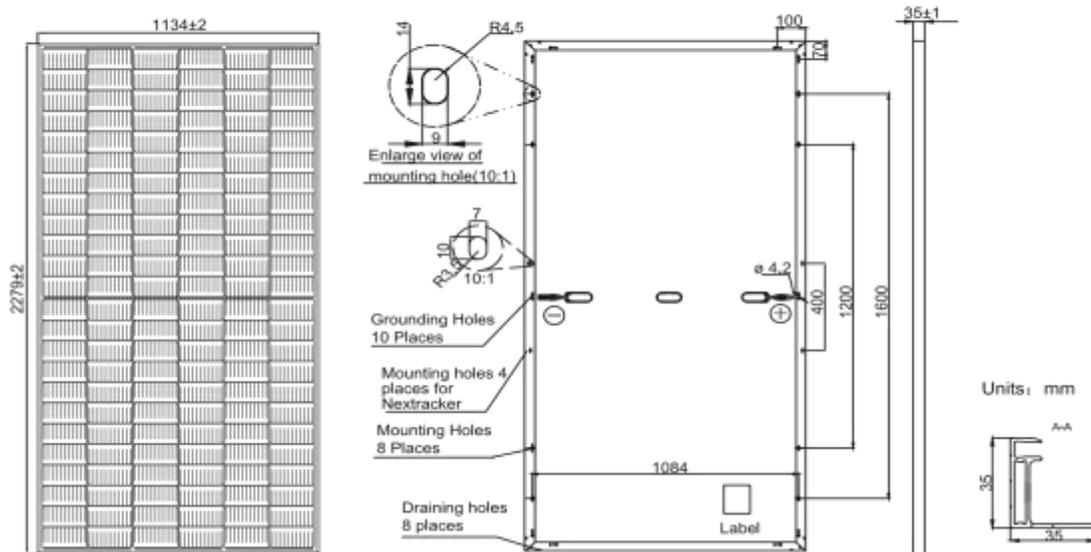
Assim como desempenham um papel crucial na otimização da eficiência do sistema solar, pois permitem que os painéis sejam posicionados no ângulo ideal em relação ao sol, maximizando assim a quantidade de luz solar que eles capturam. Ela também pode ser projetada para permitir o ajuste do ângulo dos painéis ao longo do ano, para acompanhar a mudança da posição do sol.

Além disso, uma boa estrutura de aço pode ajudar a gerenciar o fluxo de calor. Os painéis solares podem ficar muito quentes ao absorver a luz solar, o que pode diminuir a eficiência da geração de eletricidade. Uma estrutura de aço bem projetada pode permitir a circulação de ar adequada em torno dos painéis, ajudando a dissipar o calor e a manter a eficiência dos painéis. Para a escolha das quantidades dos materiais para a estrutura devemos ter em conta as dimensões dos painéis solares a serem instalados.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

**JA SOLAR**

**DIAGRAMA MECÂNICO**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

Figure 31: Características do painel solar escolhido.

Sendo que serão dois grupos 7 painéis solares para cada fileira teremos:

$$X_z = n \cdot X + \Delta x$$

$$Y_z = n \cdot Y + \Delta y$$

Onde: o  $X_z$  e  $Y_z$  são as dimensões longitudinais e transversais da nossa estrutura.

$n$  é o numero de painéis solares.

$\Delta y$  e  $\Delta x$  são desvios longitudinais e transversais para compensar as dilatações térmicas e erros de cálculos, sendo que será considerado 0,05.

Para as dimensões em x.

$$X_z = n \cdot X + \Delta x$$

$$X_z = 7 \cdot 992 + 0.05 \cdot (992)$$

$$X_z = 6944 + 46,6$$

$$X_z = 6990.6 \text{ mm}$$

$$N_{Lx} = \frac{6990.6 \text{ mm}}{5800 \text{ mm}}$$

$N_{Lx} = 1,2 \approx 2$  perfis em L de 3m, isto para a parte de baixo. Sendo que a estrutura é constituída por parte de cima, vamos multiplicar o valo por 2, isto é:

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

Para este caso teremos 6690.6mm

$N_{Tx}=2 \times 2=4$  perfis em L de 3m.

Para as dimensões em y.

$$Y_z = n * Y + \Delta y$$

$$Y_z = 2 * 1960 + 0.05 * (1960)$$

$$Y_z = 3920 + 98$$

$$Y_z = 4018 \text{mm}$$

$$N_{Lx} = \frac{4018 \text{mm}}{5800 \text{mm}} = 0.6 \approx 1 \text{ perfil em L}$$

$N_{Tx}=1 \times 2=2$  perfis em L de 3m.

Para o calculo dos tubos de suporte serão usados como critério de calculo a altura dos painéis solares e o peso dos painéis solares de modo a não haver a formação de flexa na estrutura.

O peso de cada painel solar é de 28,6kg, multiplicando por 10m/s teremos:

$$F_p = m * G \tag{Eq.31.1}$$

$$F_p = 28,6 * 10$$

$$F_p = 286N$$

Para tubos de 42mm, recomenda-se uma separação de 1metro devido ao peso, solicitações dinâmicas, térmicas e estáticas. Para este caso vamos dividir por 4, para termos o numero de suportes.

*Tabela 11:Quantidades dos materiais*

Nome	Material	Quantidades
Perfil em L 3mm	Aço	6
Tubo Redondo 42x3mm	Aço galvanizado.	10
Varões 8mm nacional	galvanoplastia 9-15µm	1

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA  
SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

## **CAPÍTULO VI: ANÁLISE DE VIABILIDADE DO PROJETO**

Consideram-se os seguintes pressupostos gerais para a análise da viabilidade económica e financeira do projeto:

*Tabela 12: Pressupostos gerais*

Unidade monetária	<b>MT</b>
Recorte temporal	<i>10 Anos</i>
Taxa de atualização de cash flow <sup>2</sup>	<b>20%</b>
Ano de investimento	<b>2022</b>

### **6.1. PRESSUPOSTOS DE INVESTIMENTOS**

O investimento necessário no âmbito da implementação do sistema fotovoltaico (capacidade de produção de 30,2kW) é estimado em 428,012,00MT (a partir de benchmarking de outros projetos similares e cálculos técnicos efetuados), conforme descrito no quadro abaixo:

---

<sup>2</sup> O custo médio ponderado do capital que financia o investimento é de 7,5%, assume-se, assim, um delta de risco de 2,5 %.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

*Tabela 13: Mapa dos investimentos*

Item		Total (MT)
<b>1. Ativos tangíveis</b>		<b>378, 012,00</b>
- Equipamentos básicos		370,600.00
- Imprevistos	2%	7,412,00
<b>2. Ativos intangíveis</b>		<b>50,000.00</b>
- Transporte		3,500.00
- Montagem		41,500,00
- Outros	10%	5,000.00
<b>TOTAL (1+2)</b>		<b>428, 012,00</b>

Os ativos tangíveis representam 91% do investimento total. O montante associado à rubrica – “equipamentos básicos” refere-se à aquisição dos equipamentos necessários para a produção de energia solar.

Por prudência, assumiu-se um percentual de 2% sobre o valor total dos equipamentos básicos designado de “imprevistos” correspondente a ativos não especificados, associados à instalação do sistema fotovoltaico. Dentro dos Ativos Intangíveis, foram considerados o transporte e a montagem dos respetivos equipamentos básicos, para além de outros ativos não especificados que foi obtido através de um percentual (10%) sobre o valor total de ativos intangíveis.

## 6.2. PRESSUPOSTOS DE POUPANÇA

Com base na capacidade máxima de produção diária (30.2 kwh/dia), estimam-se 906.0 kwh por mês, o que representa uma produção anual de energia em torno de 10.872 MWh.

*Tabela 14: Projeção das necessidades de energia*

Ano	kwh	Produção/Ano(MW)
0	30.20	10,872
1	29.90	10,763
2	29.60	10,656
3	29.30	10,549
4	29.01	10,444
5	28.72	10,339

Relativamente ao nível de poupança do custo de energia, os pressupostos utilizados nas projeções efetuadas são os seguintes:

- Capacidade bruta estimada de produção de energia solar – 10,339MWh/ ano;
- Percentagem de utilização da energia solar - 70%;
- Perda anual de eficiência do sistema instalado - 2%/ ano9.

## 6.3. PRESSUPOSTOS DE INVESTIMENTOS DE ENERGIA DA EDM

*Tabela 15: Activos tangíveis e intangíveis*

<b>1. Ativos tangíveis</b>		<b>1,530,000 ,00MT</b>
- Equipamentos básicos		1.500,000.00MT
- Imprevistos	2%	30,000,00MT

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA  
SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**

<b>2. Ativos intangíveis</b>		<b>50,000.00MT</b>
- Transporte		3,500.00MT
- Montagem		41,500,00MT
- Outros	10%	5,000.00MT
<b>TOTAL (1+2)</b>		<b>1,580,000, 00MT</b>

- Taxa mínima por kWh – 234 MT<sup>3</sup>
- Taxa de crescimento anual do custo de energia – 15%<sup>4</sup>

Com base nos pressupostos acima mencionados, rejeitamos o uso da EDM por elevados custos para a obtenção da energia. Optando pelo sistema solar.

Com base nos pressupostos acima referidos, a produção de energia solar estimada irá variar de 10,872 MWh no primeiro ano para 10,3339 MWh no quinto ano. O decréscimo é justificado pela perda de eficiência do sistema.

### **Evolução da poupança**

---

3 O preço da eletricidade é definido pela EDM e varia de acordo com a natureza de aplicação ([http://www.are.cv/index.php?option=com\\_content&task=view&id=261&Itemid=140](http://www.are.cv/index.php?option=com_content&task=view&id=261&Itemid=140));

4 A taxa de crescimento do preço médio de kW por ano. O ano base utilizado (2015) reflete o impacto dos preços mais baixos do petróleo. Assumiu-se uma recuperação lenta dos preços que podem afetar os preços da eletricidade local.

## DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA

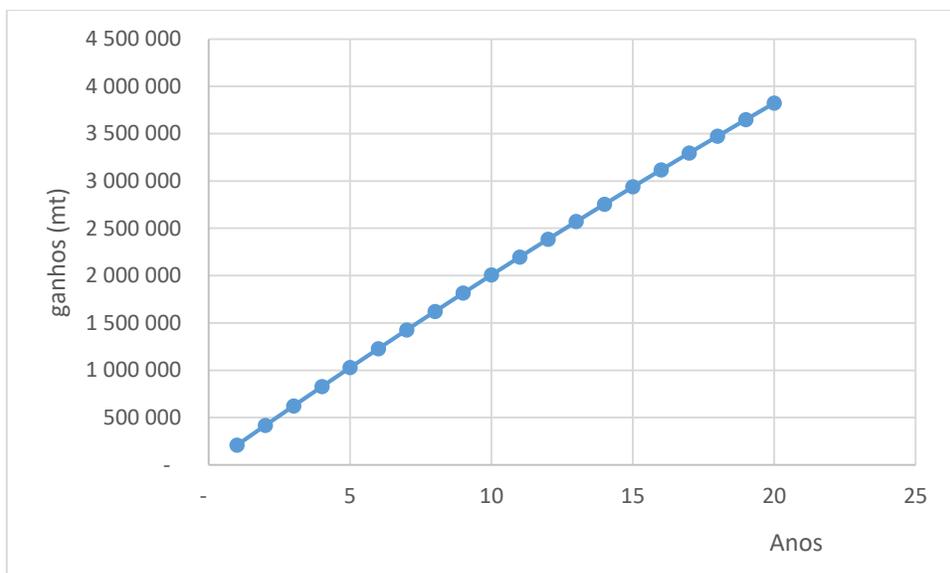


Gráfico 3: Evolução da poupança

Tabela 16: Geração energética

ano	Ganhos(mt)	kwh/dia	kwh/mes	Produção/Ano(MW)
0	-	30.20	906.00	10,872.00
1	209,884	29.90	896.94	10,763.28
2	417,669	29.60	887.97	10,655.65
3	623,376	29.30	879.09	10,549.09
4	827,027	29.01	870.30	10,443.60
5	1,028,640	28.72	861.60	10,339.16
6	1,228,238	28.43	852.98	10,235.77
7	1,425,839	28.15	844.45	10,133.41
8	1,621,465	27.87	836.01	10,032.08
9	1,815,134	27.59	827.65	9,931.76
10	2,006,867	27.31	819.37	9,832.44

### 6.4. CRITÉRIO DE AVALIAÇÃO ECONÓMICA DE PROJETO

O critério de avaliação de económica de projetos usado é o índice de rentabilidade(IR), o índice de rentabilidade pode ser determinado pela fórmula abaixo.

$$IR = \frac{Val}{I} \quad \text{Eq.37.1}$$

Sabendo que o investimento inicial é igual 428,012,00Mts e que o valor actual liquido ao fim de 10 anos é de 2,006,867.00Mts. O índice de rentabilidade é igual a:

$$IR = \frac{2,006,867\text{mt}}{428,012\text{mt}} \quad \text{Eq.37.2}$$

## **6.5. RISCOS ASSOCIADOS A BAIXA PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR**

Esse risco é reduzido tendo em conta o clima do país, mas como forma de o minimizar, a taxa de utilização máxima considerada foi de 70% das necessidades de energia.

## **CAPÍTULO VII: MONTAGEM**

### **7.1. MONTAGEM DA ESTRUTURA METÁLICA**

O processo de montagem é a última fase do fabrico e execução de estruturas metálicas. A montagem é realizada de acordo com um plano de montagem previamente elaborado. É essencial ter o material, devidamente arrumado e pronto a montar de acordo com o plano de montagem, evitando perdas de tempo (Santos & Simões da Silva, 2011).

Antes de iniciar a montagem, verifica-se o nivelamento e alinhamento dos chumbadores. Depois da betonagem dos chumbadores e devido à vibração das fundações, podem ocorrer deslocamentos entre os chumbadores, para evitar que isso ocorra utilizam-se chapas gabarito que garantem a distância entre eles. É assim recomendável verificar o seu posicionamento antes da montagem, recorrendo a um levantamento topográfico (Santos & Simões da Silva, 2011).

Depois de verificado o nivelamento e alinhamento das bases, deu-se início a montagem dos andaimes.

As peças são elevadas com ajuda de roldanas, posicionados e fixados nos respetivos lugares através do conjunto parafuso-anilha de chapa-anilha de mola-porca. As anilhas de chapa são colocadas junto à cabeça do parafuso, ou seja, na parte externa das cantoneiras.

As primeiras peças a montar são os pilares com comprimento de 6 metros, de seguida as travessas e as diagonais em todas as faces, tornando a parte já montada estável e segura. Procede-se de igual modo nos níveis superiores conforme ilustram as figuras a seguir.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 32::Montagem dos pilares.*



*Figure 33:Fim da montagem dos pilares.*



*Figure 34:pintura da base de assentamento dos painéis solares para resistência a corrosão.*

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 35: colocação e soldagem da base de assentamento dos painéis solares nos suportes.*



*Figure 36: colocação dos primeiros painéis solares na base.*



*Figure 37: :Colocação de todos os paines solares na base.*

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 38: ligações de todos os paines solares.*



*Figure 39: ligações do quadro de acionamento da bomba.*

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 40: ligações do kit de emenda da bomba.*



*Figure 41: Processo de amarrar a bomba.*



Figure 42: ligações do tubo de sucção da bomba.



Figure 43: Introdução da bomba no furo.

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 44: Ensaio da bomba.*



*Figure 45: ligações do tubo de sucção da bomba no sistema.*

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA SOLAR PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA USANDO UMA BOMBA SUBMERSÍVEL HÍBRIDA**



*Figure 46: fim da montagem do sistema.*

## **CAPÍTULO VIII: CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **8.1. CONCLUSÕES**

O presente trabalho, possibilitou dimensionar o sistema solar para abastecimento de água da Vila da Manhica, bem como propor um novo traçado para a rede de abastecimento e estimar seus custos.

Na caracterização da localidade foram levantadas informações sobre a comunidade, como população e consumos de água, e através do plano diretor do distrito, pôde-se obter o tamanho mínimo dos lotes para cada zoneamento. Através dos arquivos fornecidos pelo município, pôde-se obter o levantamento plana altimétrico da localidade.

Na concepção da rede de abastecimento para a localidade, pôde-se elaborar um traçado para a rede de distribuição de acordo os requisitos e critérios vigentes, permitindo atender os lotes ocupados, os ainda desocupados que possuem vias de acesso além de futuras expansões na rede. Salieta-se que a concepção elaborada, facilita o atendimento da localidade em casos de expansão das áreas ocupadas, seguindo a previsão do plano diretor do distrito.

Quanto ao cálculo da vazão de projeto, a metodologia utilizada, resultou no valor de 4 m<sup>3</sup>/h para os consumidores existentes.

O dimensionamento do sistema solar resultou em uma rede com capacidade de produção elevada em relação a que é necessária na fase inicial de modo a garantir que não haverá falta de água para a população.

De acordo com a simulação hidráulica, realizada através do EPANET, para garantir a pressão mínima recomendada de 10 m.c.a, o reservatório deverá ter o nível de água elevado em pelo menos 10m.

Ressalta-se ainda que a localidade não conta com outros itens básicos de infraestrutura urbana, como asfalto, drenagem e esgotamento sanitário, tornando o momento oportuno

para a execução de melhorias na rede, reduzindo custos futuros com quebras e recomposição de pavimentos, além de possibilitar melhor compatibilização entre tais projetos.

Considerando-se os indicadores de rentabilidade financeira bastante favoráveis, o investimento a ser recuperado em 03 anos - conclui-se que o projeto de instalação de sistema de energia solar na bombagem de água é financeiramente viável. Dessa forma, propõe-se que o traçado sirva como orientação para futuras adequações e melhoramentos na rede de abastecimento do local, ou ainda, buscar investimentos públicos para a melhoria do sistema presente.

Os dados mostram igualmente que em regiões altas com população >1.350 pessoas e consumo médio diário de 50ltrs per capita, é financeiramente viável a adoção de sistemas híbridos de bombagem de água, mesmo em casos extremos de 4 estações de bombagem.

## **8.2. RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se que a manutenção seja feita periodicamente para minimizar riscos operacionais (avarias, roubos, incêndios, etc.).

A gestão de água deve ser feita de tal forma a garantir que não falte água as famílias principalmente nos dias chuvosos, desta forma a população deve ser instruída a possuir reservatórios ideais para armazenamento de água por no mínimo 5 dias úteis para o caso da oscilação do sol, o que influencia na produção de energia para o abastecimento de água.

Processo de montagem é a última fase do fabrico e execução de estruturas metálicas. A montagem é realizada de acordo com um plano de montagem previamente elaborado. É essencial ter o material, devidamente arrumado e pronto a montar de acordo com o plano de montagem.

## **Referências Bibliográficas**

[1] Boyle Godfrey et all, Energy Systems and Sustainability, Oxford, 2003, United States, 23-34

[2] Concurso solar Padre Himalaya, Guia Da Energia Solar, Direção Geral de Energia e Geologia

[3] Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de outubro

[4] Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de março

[5] Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Energia sem limites, III Jornadas de Engenharia Eletrotécnica, Instituto Politécnico de Tomar, Março de 2006, Tomar

[6] Markvart Tomas, Solar Electricity Second Edition, John Wiley, Outubro 2000, England, 5-19

[7] Projetos Portugueses de Demonstração energia financiados pela Comunidade

Europeia, Instalação de Sistemas Fotovoltaicos em 75 Casas Isoladas em Portugal, nº 4, Projeto N.º SE/215/87/PO-DE-FR, Direção Geral de Energia e Geologia

[8] Sørensen Bent, Renewable Energy Third, ELSEVIER ACADEMIC PRESS, 2004, England, 29-209; 339-348

[9] WENNERBERG JOHAN, Design and Stability of Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub>-Based Solar Cell

Modules, 2002, UPPSALA, 7-18

## **WEB GRAFIA**

[1][http://www.al-sa.pt/catalogo/detalhes\\_produto.php?id=430](http://www.al-sa.pt/catalogo/detalhes_produto.php?id=430)

[2]<http://www.bettahidroturbinas.com.br/dimensionamento>

[3]<http://www.bohnen.com.br/Noticia.aspx?NoticialD=250>

[4]<http://www.bucosantos.com/product/cabo-xv-preto-3x6>

[5]<http://centrotorneiras.pt/print.php?id=8506>

[6]<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=381>

[7]<http://www.ffi-solar.com/>

[8]Folha Calculo Empresa

[9]<http://www.forch.pt/product.aspx?p=54ecdea5-0cf4-4512-b4457247e4a40105&g=1280002b-e0d6-488c-9518-ec38541fb307>

[10][http://fotovoltacos001.blogspot.pt/2011\\_04\\_01\\_archive.html](http://fotovoltacos001.blogspot.pt/2011_04_01_archive.html)

[11]<http://www.geocities.ws/saladefisica5/leituras/energiaondas.html>