



isec
Engenharia

MESTRADO EM ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

**Dimensionamento de Sistemas de Produção de
Energia Elétrica utilizando Energia Solar
Fotovoltaica.**

**Estágio na NRG – Sistemas de Energias
Renováveis, Lda.**

Autor

Patrick Filipe Simões Pereira

Orientador

Prof. Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Prof. Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

Coimbra, agosto, 2022

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA



isec
Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

Dimensionamento de Sistemas de Produção de Energia Elétrica utilizando Energia Solar Fotovoltaica.

Estágio na NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda.

Relatório de Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia

Autor

Patrick Filipe Simões Pereira

Orientador

Prof. Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Prof. Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira

Supervisor na empresa NRG - SISTEMAS DE ENERGIAS
RENOVÁVEIS, LDA

Engenheiro Paulino Gonçalves Oliveira

Coimbra, agosto, 2022

INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

AGRADECIMENTOS

A realização deste estágio proporcionou-me um vasto enriquecimento que me ajudou na formação como profissional e também a nível pessoal. Tenho muito a agradecer a um conjunto de pessoas que terei que aludir como referências ao longo deste grande percurso, que à sua maneira contribuíram com motivação e conhecimento.

Em primeiro lugar não poderei deixar de agradecer à instituição de ensino que me acolheu e disponibilizou toda a ferramenta necessária para me formar (ISEC). A todos os professores que se cruzaram na minha caminhada e de certo modo partilharam todo o conhecimento que possuíam na sua bagagem.

Manifesto o meu profundo agrado à entidade acolhedora para a realização desta componente prática. Agradeço ao Diretor Geral Eng.º Raul Santos pela oportunidade e confiança demonstrada, ao meu orientado Eng.º Paulino Oliveira pelo espírito de equipa, camaradagem e por todo o conhecimento que me transmitiu ao longo do estágio. Ao Eng.º Pedro Toscano e Eng.º Pedro Pinto pela forma como me acolheram desde o primeiro dia, pela disponibilidade demonstrada, pela confiança, pelo companheirismo e por toda a compreensão que tiveram para comigo. O meu muito obrigado a eles, que levarei como referências a nível profissional. A toda a equipa *Sunenergy* o meu muito obrigado.

Aos meus orientadores, Professora Rita Pereira e Professor Adelino Pereira, por toda a paciência, dedicação e disponibilidade demonstrada desde o primeiro minuto.

Agradeço aos meus pais que sem eles nada seria possível, agradeço pela oportunidade de poder crescer a nível académico e por toda a orientação dada ao longo deste caminho, pela compreensão e ensinamentos dados.

Um agradecimento profundo à minha namorada, Telma Catarina, por toda a motivação e apoio incondicional para comigo, pela ajuda que foi em momentos de desmotivação.

Por último e não menos importante, um especial agradecimento a todos os meus amigos que de qualquer forma acabaram por me ajudar a ultrapassar diversos contratemplos.

RESUMO

O presente relatório teve origem através da unidade curricular “Estágio” do Mestrado de Engenharia Eletrotécnica com especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia, e descreve a contextualização prática que foi obtida através do estágio realizado na empresa Original *Sunenergy*, Lda.

O crescimento da empresa nos últimos anos tem sido notório, o que ajudou a tornar a *Sunenergy* um dos grandes *player's* a nível nacional a atuar no mundo das energias renováveis, com principal foco na área do fotovoltaico, fornecendo soluções focadas no autoconsumo e climatização.

O estágio teve início a outubro de 2020 e término a junho de 2021, decorreu durante 8 meses na qual foi feita uma integração no departamento de Engenharia da empresa.

No primeiro capítulo do presente relatório é feita uma abordagem ao panorama energético nacional, ao consumo e à produção através das várias fontes de energia, com particular foco na energia solar fotovoltaica.

É feita uma análise detalhada à tecnologia existente no mercado, com particular foco nos equipamentos ligados à produção de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos. Painéis, inversores, baterias, reguladores de cargas, são alguns dos equipamentos abordados neste relatório.

Ao longo do estágio foram dimensionados vários projetos fotovoltaicos focados no autoconsumo e feitas várias intervenções. Será abordado o processo associado ao dimensionamento, assim como toda a informação a ter em conta e algumas das intervenções feitas.

A legislação ligada à produção de energia elétrica e ao autoconsumo também é um tema abordado com bastante relevância.

Palavras-Chave: Autoconsumo; Energias renováveis; Energia Solar Fotovoltaica; Projetos fotovoltaicos.

ABSTRACT

This report originated from the curricular unit "Internship" of the Master of Electrotechnical Engineering with specialization in Automation and Communications in Energy Systems, and describes the practical context that was obtained through the internship held at Original Sunenergy, Lda.

The company's growth in recent years has been notorious, which has helped to make Sunenergy one of the major players at a national level to act in the world of renewable energies, with a main focus on the photovoltaic area, providing solutions focused on self-consumption and air conditioning.

The internship started in October 2020 and ended in June 2021, lasted for 8 months in which an integration was made in the company's Engineering department.

The first chapter of this report presents an approach to the national energy panorama, consumption and production through the various energy sources, with a particular focus on photovoltaic solar energy.

A detailed analysis of the existing technology on the market is carried out, with particular focus on equipment linked to the production of electricity through photovoltaic systems. Panels, inverters, batteries, charge regulators are some of the equipment covered in this report.

During the internship, several photovoltaic projects focused on self-consumption were dimensioned and several interventions were carried out. The process associated with the design will be addressed, as well as all the information to be taken into account and some of the interventions made.

Legislation related to the production of electricity and self-consumption is also a topic addressed with great relevance.

Palavras-Chave: Photovoltaic projects; Photovoltaic Solar Energy; self-consumption; Renewable energy.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
ABREVIATURAS	XV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Enquadramento.....	1
1.2 - Motivação e objetivos	5
1.3 -Estrutura do relatório.....	6
2. ORIGINAL SUNENERGY, LDA	7
2.1 Introdução.....	7
2.2 Enquadramento.....	7
2.3 – Evolução da marca <i>Sunenergy</i> no fotovoltaico.....	8
2.4 – Serviço.....	9
2.5 – Estrutura Funcional.....	9
2.6 - Missão Visão e Valores.....	11
3. PRODUÇÃO FOTOVOLTAICA	13
3.1 Introdução.....	13
3.2 Energia Fotovoltaica.....	13
3.3 Radiação Solar.....	14
3.4 Radiação Solar em Portugal.....	16
3.5 Parques fotovoltaicos em Portugal	17
4. SISTEMA FOTOVOLTAICO	21
4.1 Introdução.....	21
4.2 Células Fotovoltaicas.....	21
4.3 Característica elétrica das células	22
4.4 Tipo de Células Fotovoltaicas	22
4.4.1 Célula de silício monocristalino (mono-Si).....	23
4.4.2 Célula de silício policristalino (multi-Si)	23
4.4.3 Célula solar de silício amorfo (a-Si).....	23
4.4.4 Célula PERC.....	24
4.4.5 Fabrico das células de silício	25
4.4.6 Célula Half Cut.....	25
4.5 Curva característica de uma célula fotovoltaica	27
4.6 Módulos fotovoltaicos	29
4.7 Módulos conectados em série	31
4.8 Módulos conectados em paralelo.....	34
4.9 Ranking Bloomberg.....	36
4.10 Inversores para sistemas fotovoltaicos	38
4.10.1 Inversor ligados à rede.....	38

4.10.2 Inversor ligados à rede com armazenamento	39
4.10.3 Inversor não ligados à rede	40
4.11 Baterias	41
4.12 Reguladores de carga	44
5. LEGISLAÇÃO PORTUGUESA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	45
5.1 Unidades de Pequena Produção (UPP)	45
5.2 Autoconsumo coletivo e Comunidades de energia	46
5.3 Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC)	47
6. – PROJETOS EXECUTADOS	52
6.1 Projeto fotovoltaico- Bairrimoldes Indústria de moldes e cunhos	52
6.1.1 Módulos a instalar	54
6.1.2 Inversor a instalar	55
6.1.3 Configuração das Strings	55
6.1.4 Projeção com auxílio <i>PvSol Premium</i>	57
6.1.5 Instalação	64
6.2 Projeto fotovoltaico-Cartonagem Trindade, S.A	66
6.2.1 Módulos a instalar	68
6.2.2 Inversor a instalar	68
6.2.3 Configuração das Strings	69
6.3 Concurso Público e sistemas para carregamento de veículos elétricos ligados à rede Mobi.e	74
6.3.1 Postos de carregamento	75
6.3.2 Posto de Transformação	77
6.3.3 Instalação Baixa Tensão	78
6.3.1 Pedido de Ligação à rede	78
6.4 Outras intervenções	79
6.4.1 Substituir modem de comunicação	79
6.4.2 Substituição de Inversor de uma UPP	81
7. CONCLUSÕES	84
REFERÊNCIAS	86
ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Balanço da produção de eletricidade de portugal continental (apren, 2021 a)	2
Figura 1.2 Evolução da produção de eletricidade em portugal por fonte (apren, 2021 a)	2
Figura 1.3 Evolução da potência instalada das er por fonte (dgeg, 2021)	3
Figura 1.4 Evolução das emissões de co2 do setor elétrico português (apren, 2021 b)	4
Figura 1.5 Preço do mercado diário (omie, 2021)	5
Figura 1.6 Estatística dos preços da eletricidade (europa, 2021)	5
Figura 2.1 Fachada da empresa	7
Figura 2.2 Logotipo da marca <i>sunenergy</i> (sunenergy a, 2021)	8
Figura 2.3 Potência instalada pela <i>sunenergy</i>	9
Figura 2.4 Organigrama (sunenergy c, 2021)	10
Figura 3.1 Espectro da irradiância solar acima da atmosfera e na superfície terrestre	15
Figura 3.2 Radiação solar emitida e refletida (wikipédia d, 2021)	16
Figura 3.3 Radiação solar e variabilidade anual da disponibilidade da radiação solar (afonso cavaco, 2016)	17
Figura 3.4 Central fotovoltaica de alcoutim (static, s.d.)	18
Figura 3.5 Central fotovoltaica mogadouro	19
Figura 4.1 Junção p-n numa célula fotovoltaica	21
Figura 4.2 Funcionamento de uma célula fotovoltaica (moraes, 2020)	22
Figura 4.3 Composição elétrica de uma célula fotovoltaica	22
Figura 4.4 Célula monocristalina e estrutura atômica do material (zani, 2021)	23
Figura 4.5 Célula policristalina e estrutura atômica do material (zani, 2021)	23
Figura 4.6 Célula silício amorfo (zani, 2021)	24
Figura 4.7 Comparação com tecnologia perc (sunergia, 2019)	24
Figura 4.8 Etapas de fabricação das células (svarc, jason, 2020)	25
Figura 4.9 Painel constituído por 60 células fotovoltaicas (brakels, 2018)	26
Figura 4.10 Painel constituído por 120 células fotovoltaicas (brakels, 2018)	26
Figura 4.11 Comportamento de um painel padrão com sombra (brakels, 2018)	26
Figura 4.12 Comportamento de um painel half cut com sombra (brakels, 2018)	27
Figura 4.13 Efeito da corrente com a radiação (alargador.tripod, s.d.)	27
Figura 4.14 Efeito da temperatura (alargador.tripod, s.d.)	28
Figura 4.15 Comportamento com uma carga resistiva (alargador.tripod, s.d.)	28
Figura 4.16 Comportamento da célula ao longo dos diferentes períodos do dia (alargador.tripod, s.d.)	29
Figura 4.17 Composição de um módulo fotovoltaico (solar, s.d.)	29
Figura 4.18 Conectores mc4 - macho e fêmea (svarc, 2020)	31
Figura 4.19 Módulos em série (alternative-energy-tutorials(series), s.d.)	31

Figura 4.20 String com módulos de tensões iguais (alternative-energy-tutorials(series), s.d.)	32
Figura 4.21 String com módulos de tensões diferente (alternative-energy-tutorials(series), s.d.)	33
Figura 4.22 String com módulos de corrente diferente (alternative-energy-tutorials(series), s.d.)	33
Figura 4.23 Módulos em paralelo (alternative-energy-tutorials(parallel), s.d.)	34
Figura 4.24 Módulos em paralelo de tensões iguais (alternative-energy-tutorials(parallel), s.d.)	34
Figura 4.25 Módulos de correntes diferentes (alternative-energy-tutorials(parallel), s.d.)	35
Figura 4.26 Módulos em paralelo de tensões diferentes (alternative-energy-tutorials(parallel), s.d.)	36
Figura 4.28 Sistema <i>grid-tie</i> (electricalacademia, 2021)	39
Figura 4.29 Sistema <i>grid-tie</i> com armazenamento (electricalacademia, 2021)	40
Figura 4.30 Sistema off-grid (aliexpress, s.d.)	41
Figura 4.31 Ligação de baterias em paralelo (mpptsolar, s.d.)	43
Figura 4.32 Ligação de baterias em série (mpptsolar, s.d.)	43
Figura 4.33 Ligação em série e paralelo de baterias (mpptsolar, s.d.)	43
Figura 5.1 Registo de nova entidade	47
Figura 5.2 Registo nova mcp	48
Figura 5.3 Registo de nova upac>30kwp	49
Figura 6.1 Fachada da empresa bairrimoldes.	52
Figura 6.2 Diagrama de cargas da empresa bairrimoldes, lda.	53
Figura 6.3 Diagrama semanal	53
Figura 6.4 Projeção 2d <i>autocad</i>	54
Figura 6.5 Dados do projeto (<i>pvsol</i>)	58
Figura 6.6 Tipo de sistema e localização	58
Figura 6.7 Consumo da instalação	59
Figura 6.8 Projeto do edifício em 3d	59
Figura 6.9 Tarifa de consumo	60
Figura 6.10 Previsão de rendimento do sistema fotovoltaico	61
Figura 6.11 Análise financeira	61
Figura 6.12 Estrutura sunfer khs915	65
Figura 6.13 Chicote com ligação à terra	65
Figura 6.14 Zona técnica	66
Figura 6.15 Esquema do quadro ac	64
Figura 6.16 Upac instalada na bairrimoldes	66
Figura 6.17 Localização cartonagem trindade, s.a (fábrica 1 e fábrica 2)	67
Figura 6.18 Diagrama de cargas – fábrica 2	67
Figura 6.19 Implantação unidade 1(estrutura nascente/poente) sketchup.	68
Figura 6.20 Montagem nascente/poente	68
Figura 6.21 Ligação smartlogger3000a (huawei, 2022)	69

Figura 6.22 Rendimento da unidade 1(estrutura edec)	72
Figura 6.23 Utilização da energia fotovoltaica	72
Figura 6.24 Dados económicos	73
Figura 6.25 Economia acumulada	73
Figura 6.26 Carpark instalado no hospital santa maria – lisboa	74
Figura 6.27 Posto de carregamento ultrarrápido.....	75
Figura 6.28 Tipo de fichas associadas ao pcur e per	75
Figura 6.29 Posto de carregamento rápido	76
Figura 6.30 Posto de carregamento normal	76
Figura 6.31 Tipo de fichas associadas ao pcn.....	77
Figura 6.32 Esquema do pt 630kva	77
Figura 6.33 Vala bt.....	78
Figura 6.34 Formulário para pedido de ligação de mt	79
Figura 6.35 Substituição de modem de comunicação.....	80
Figura 6.36 Pinagem ficha rj45 to rs232	80
Figura 6.37 Instalação da armadura do inversor fronius galvo 3.0kw	81
Figura 6.38 Ativar rede wifi inversor fronius.....	81
Figura 6.39 Parâmetros elétricos da instalação.....	82
Figura 6.40 Registo de instalação na <i>solarweb</i>	82
Figura 6.41 Monitorização fronius solarweb.....	83

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 5.1 Taxas de pagamento de registo de upac's (enat, s.d.)	49
Tabela 6.1 Características elétricas dos módulos e inversor.....	55
Tabela 6.2 Strings do inversor de 60k wn	57
Tabela 6.3 Características elétricas painel jinko e inversor huawei	69
Tabela 6.4 Strings inversor huawei 100 kwn.....	71
Tabela 6.5 Strings inversor huawei 100 kwn.....	71
Tabela 6.6 Strings inversor huawei 100 kwn.....	71
Tabela 6.7 Strings inversor huawei 100 kwn.....	71

ABREVIATURAS

A - Ampère;

AC - Alternating Current;

AT - Alta Tensão

BNEF - Bloomberg New Energy Finance

BT - Baixa Tensão

CAE – Classificação das Atividades Económicas

CO₂ - Dióxido de Carbono

CEME - Comercializador de Eletricidade para a Mobilidade

CER - Comunidades de Energia Renovável

CIE - Consumidores Intensivos de Energia

CPE - Código Ponto de Entrega

DC – Direct Current

DIEC - Divisão das Instalações Elétricas do Centro

DIEN - Divisão das Instalações Elétricas do Norte

DIECS-Ale - Divisão das Instalações Elétricas e Combustíveis do Sul-Alentejo

DIECS-Alg - Divisão das Instalações Elétricas e Combustíveis do Algarve

DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia

EDP - Energias De Portugal

EE – Energia Elétrica

ER - Energias Renováveis

EPS - Emergency Power Supply

EVA - Etileno Vinil Acetato

FER – Fonte de Energia Renovável

GH - Grandes Hídricas

GN – Gás Natural

GSM - Global System for Mobile Communication

GWh - Giga Watt Hora

IPMA - Instituto Português do Mar e Atmosfera

MCP - Mera comunicação Prévia

MPPT - Maximum Power Point Tracking

MT - Média Tensão

MWh - Mega Watt Hora

NIF – Número de Identificação Fiscal

OMIE - Operador do Mercado Ibérico de Energia

PCH - Pequenos Centros Hídricos

PCN - Posto de carregamento Normal

PCR - Posto de carregamento Rápido

PCUR - Posto de carregamento Ultrarrápido

PCVE - Posto de Carregamento de Veículos Elétricos

PERC - Passivated Emitter Rear Cell

PLR - Pedido de ligação à rede

PNEC 2030 - Programa Nacional de Energia e Clima 2030

PS – Posto Seccionador

PT - Posto de Transformação

QGBT - Quadro Geral de Baixa Tensão

QBT – Quadro Baixa Tensão

QMT - Quadro de média tensão

QVE - Quadro de proteção dos postos de carregamento dos veículos elétricos

RESP - Rede Elétrica de Serviço Público

RFID - Radio Frequency Identification

RTIEBT - Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

SI – Silício

STC - Standard Testing Conditions

UE - União Europeia

UPAC - Unidades de Produção de Autoconsumo

UPP - Unidades de Produção Própria

W - Watt

1. Introdução

1.1 - Enquadramento

O presente relatório foi realizado tendo como base o trabalho desenvolvido na empresa “Sunenergy”, no âmbito da unidade curricular “Estágio” do Mestrado em Engenharia Eletrotecnia da área de especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de Energia e estando sob a orientação do Professor Doutor Adelino Pereira e da Professora Doutora Rita Pereira.

Neste capítulo, irá ser contextualizado o tema do presente relatório “Dimensionamento de Sistemas de Produção de Energia Elétrica utilizando Energia Solar Fotovoltaica - Estágio na NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda.”, demonstrar o impacto ambiental das energias renováveis e o forte crescimento das mesmas nos últimos anos, com principal foco na energia fotovoltaica. Para além disto, pretende-se demonstrar que o investimento em renováveis é uma forte estimulação para o desenvolvimento de uma economia sustentável, é também um benefício para toda a sociedade, não só pelo método de produção de energia que acaba por descarbonizar e combater as alterações climáticas, mas também por proporcionar uma melhor qualidade de vida da população. A evolução tecnológica tem vindo a permitir ao longo dos últimos anos uma maior eficiência na produção de energia elétrica através de meios renováveis.

Desde a pré história que fenómenos elétricos naturais despertaram a curiosidade do ser humano, mais propriamente as descargas elétricas. Desde então o homem tem vindo a usar a sua capacidade e inteligência para criar e aperfeiçoar técnicas que levassem à criação de mecanismos que tornem a sua vida mais cómoda. O Homem descobriu o poder do fogo, que melhorou a sua alimentação e aumentou o seu conforto, descobriu a força das águas e dos ventos, todas estas fontes de energia renovável foram aperfeiçoadas, levando a criar os mecanismos que conhecemos hoje em dia para a produção de energia elétrica (Moutinho, 2020).

Devido ao forte crescimento da procura de energia elétrica, hoje em dia existe uma grande tendência para investir neste setor, a escassez de recursos fósseis é também um dos fatores que levaram à procura de novas alternativas, a solução está principalmente nas energias renováveis, estas que apresentam uma produção através de recursos inesgotáveis, capazes de se regenerarem num curto espaço de tempo e num modo sustentável. Estas fontes encontram-se já em difusão em todo o mundo e a sua importância tem vindo a aumentar ao longo dos anos representando uma parte considerável da produção de energia mundial (enelgreenpower, 2020).

Em Portugal, devido à abundância de recursos naturais, a produção através de EE através de fontes renováveis tem sido cada vez maior. Como se pode observar na Figura 1.1, gráfico da esquerda, em Portugal a produção de energia elétrica entre o mês de janeiro e julho de 2021 atingiu os 28560 GWh (Giga Watt Hora) em Portugal continental, dos quais 70 % tiveram origem renovável e os restantes 30 % em origem não renovável, o que representa um enorme crescimento do setor renovável, comparando com o ano de 2018 em que só 52,75 % da energia gerada teve origem do setor renovável e 47,25 % do não renovável.

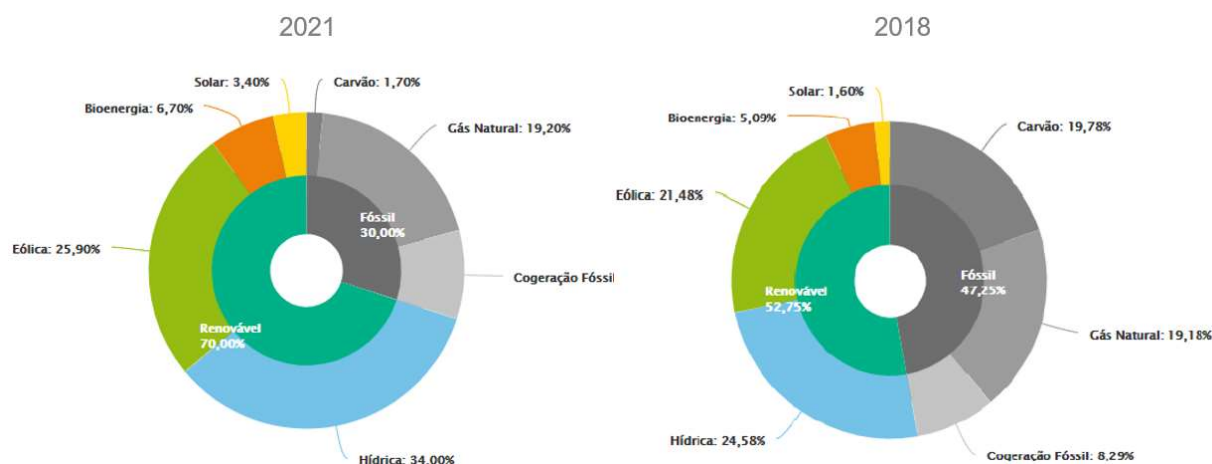


Figura 1.1 Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental (apren, 2021 a)

Na Figura 1.2 pode-se observar que no mês de julho de 2021 houve uma produção de 3626 GWh (100 %) de energia elétrica na qual as energias renováveis tiveram uma grande contribuição na produção dessa mesma energia, tendo representado assim 2192 GWh (60,8 %) da energia produzida nesse mesmo mês. Os restantes 1434 GWh (39,2 %) tiveram origem em fontes não renováveis, tais como o carvão, o gás natural e a cogeração fóssil (apren, 2021 a).

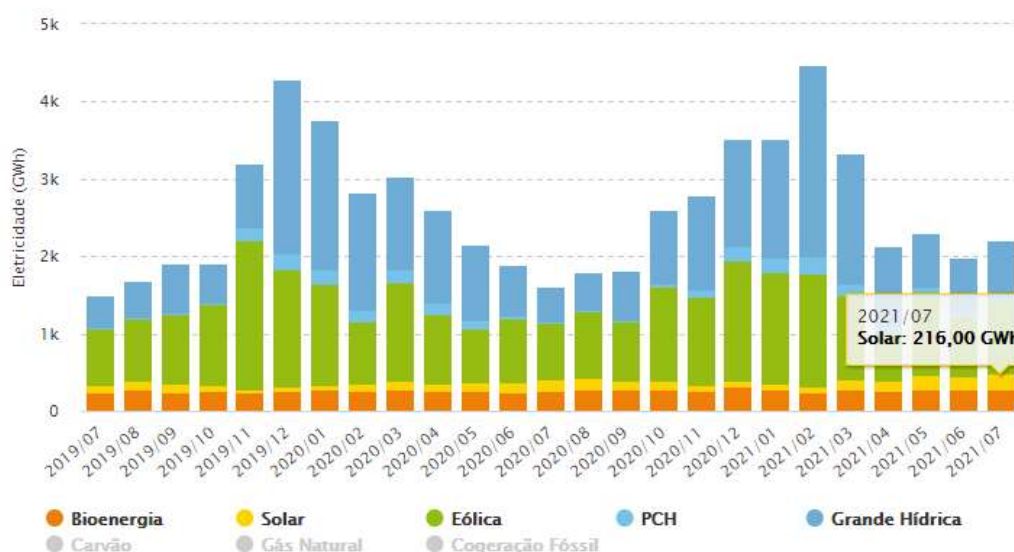


Figura 1.2 Evolução da produção de eletricidade em Portugal por fonte (apren, 2021 a)

De salientar também que, no mês de fevereiro de 2021 as energias renováveis tiveram a maior contribuição nos últimos dois anos, mais propriamente desde junho de 2019, tendo atingido uma produção de 4483 GWh (88,9 %) dos 5044 GWh (100 %) que foram produzidos, de forma a satisfazer as necessidades dos Portugueses. Neste mês as centrais hídricas foram uma das maiores responsáveis pela produção de energia elétrica, Grandes Hídricas (GH) juntamente com os Pequenos Centros Hídricos (PCH) produziram 2708 GWh representando 53,6 % de toda a energia elétrica produzida nesse mês. Segundo dados do IPMA (Instituto Português do Mar e Atmosfera) o mês de fevereiro de 2021 foi o mais chuvoso deste mesmo ano, colocando assim nenhuma das regiões em seca. com toda esta abundância de água, seria de esperar que a fonte renovável com maior percentagem de produção fosse a hídrica. Ainda

assim, em julho de 2021 o fotovoltaico atingiu mais um número histórico, tendo tido a maior contribuição que já alguma vez teve até à data, produzindo 216 GWh, um número bastante promissor e que reflete o investimento nesta ER (Energia Renovável) (ipma, 2021).

Observando a Figura 1.3, o Plano Nacional Hídrico é o setor que tem crescido a passos largos no que toca à potência instalada, tendo tido um aumento de potência mais acentuado no ano de 2016 devido às 4 centrais que a EDP colocou em funcionamento, acrescentado assim uma potência de 1,5 GWh à instalada até ao momento (Cabrita, 2015).

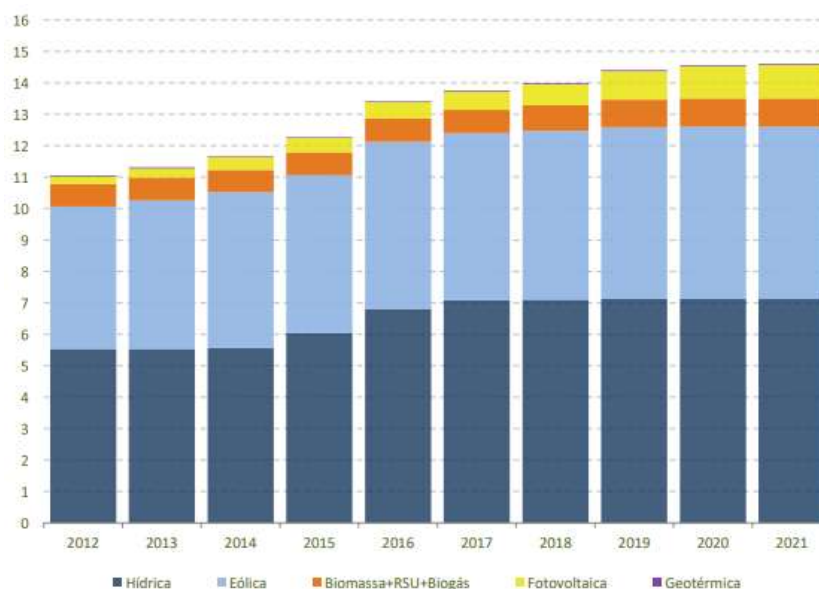


Figura 1.3 Evolução da potência instalada das ER por fonte (dgeg, 2021)

Com o crescimento do setor energético renovável, foi possível fazer com que as emissões de CO_2 no sistema electroprodutor português tivessem um comportamento de decréscimo. Pode-se visualizar na Figura 1.3 que nos últimos 10 anos Portugal tem demonstrado uma preocupação no que toca à emissão dos gases com efeito de estufa. Em 2005 dava-se uma descida acentuada, passando de um valor de 474 kg/MWh (Mega Watt Hora) para um valor de 162 kg/MWh, valor tendo sido uma grande meta atingida, demonstrando que todo o investimento feito começou a compensar, investimento este focado em atingir os objetivos do Pacote Clima-Energia 2020, na qual um dos três principais objetivos era a redução de 20 % da emissão dos gases efeito de estufa face aos valores referentes ao ano de 1990.

Em 2021 foi dos anos em que existiu uma maior redução de emissões de gases no setor da produção de energia elétrica, passando de 164 kg/MWh para 70 kg/MWh (Figura 1.4), valores estes que representam uma descida de 57 % face ao ano de 2020. Para além da Pandemia COVI-19 ter sido a grande responsável por esta descida a pique em 2020/2021 derivado ao fecho temporário de grandes indústrias, temos outro fator impulsionador, no qual já estava planeado que foi o fecho das centrais termoelétricas a carvão em Portugal, mais propriamente a central de Sines. Esta central com 1256 MW de potência instalada, em tempos foi dos maiores centros electroprodutores do país, chegando a produzir energia elétrica capaz de satisfazer 1/3 das necessidades elétricas do território nacional no início dos anos 90. Estava previsto até ao

final do ano de 2021 o encerramento de mais uma termoelétrica, a central do Pego, contudo a central encerrou mais cedo do que a data prevista por falta de matéria-prima. O fecho deste ciclo irá ajudar de forma significativa à redução de emissões de gases com efeito de estufa.

Através do gráfico da Figura 1.4 conclui-se que Portugal tem vindo a apostar cada vez mais na produção de EE (Energia Elétrica) através de fontes renováveis, a produção de EE tem vindo a reduzir cada vez mais as emissões específicas (apren, 2021 b), (EU, 2015).

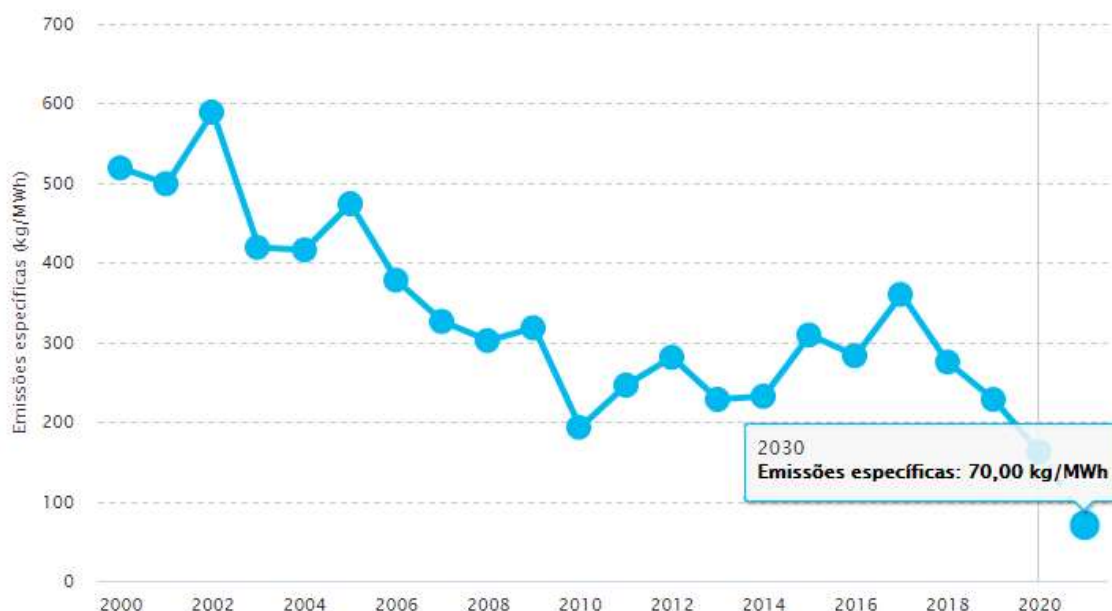


Figura 1.4 Evolução das emissões de CO2 do setor elétrico Português (apren, 2021 b)

Ao observar a Figura 1.5 pode-se visualizar que o preço da eletricidade tem um comportamento muito irregular, sofrendo oscilações constantes. As alterações climáticas à qual estamos sujeitos ao longo das estações do ano por vezes dificultam a produção de EE através de fontes renováveis, principalmente na produção através de centrais hídricas, obrigando-nos assim a recorrer a outros meios de produção de EE que acabam por refletir num aumento do preço. Em meses de muita chuva as centrais hídricas são os grandes fornecedores de EE, com a grande abundância de água temos a vantagem de ter um custo de produção de EE mais reduzido. Consegue-se visualizar este fenómeno na Figura 1.5, em que o preço mais baixo da EE em 2021 foi praticado no mês de fevereiro, um dos meses mais chuvosos desse mesmo ano.

A instabilidade dos mercados fornecedores de matérias-primas não renováveis também acabam por influenciar diretamente no preço final, em particular o mercado do petróleo, GN (Gás Natural) e carvão.

Em 30 de agosto de 2021 o preço no mercado ibérico era de 126 €/MWh



Figura 1.5 Preço do mercado diário (omie, 2021)

As energias renováveis são um dos vetores da descarbonização da economia e, se isolarmos o efeito das taxas, impostos e redes na fatura de eletricidade, são efetivamente mais baratas do que as tecnologias convencionais. Na Figura 1.6 pode-se observar os preços médios da eletricidade em vários países da UE (União Europeia) no decorrer do ano 2020, Portugal, sendo um dos países que pratica um dos preços mais elevados, tinha como valor médio 0,2133 €/kWh. Contudo, só a partir de agora, com o amadurecimento da tecnologia, com a diminuição dos custos de investimento é que estão criadas as condições para os consumidores finais começarem a sentir na carteira os benefícios da produção de energia elétrica a partir de fontes renováveis (omie, 2021), (Europa, 2021).

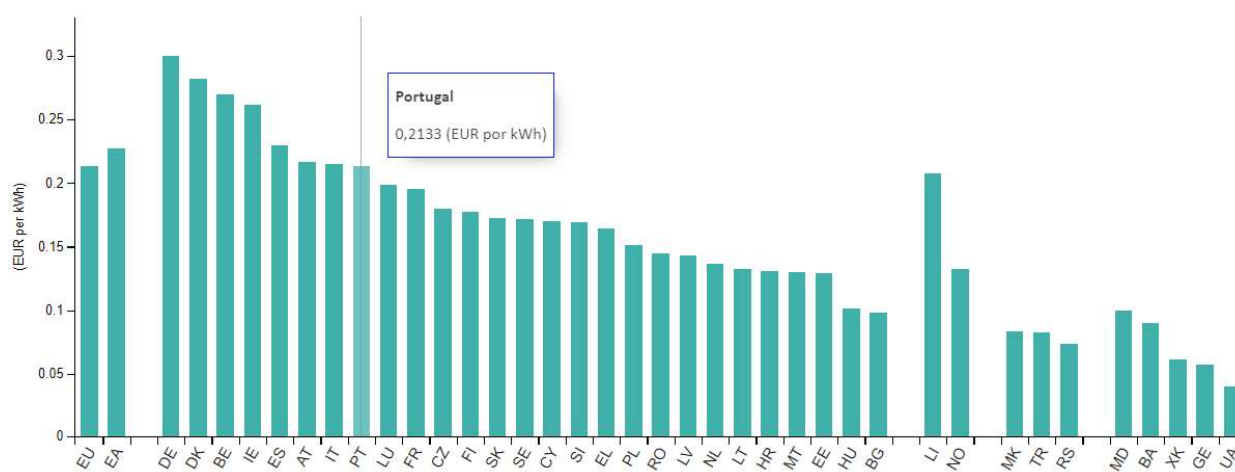


Figura 1.6 Estatística dos preços da eletricidade (Europa, 2021)

1.2 - Motivação e objetivos

Ao fim destes anos a adquirir conhecimentos teóricos na área da eletrotécnica, tanto na Licenciatura como no Mestrado, senti que me faltava mais componente prática. Um estágio seria uma forma de me contextualizar no ambiente profissional de modo a aplicar todos os conhecimentos e absorver o máximo de informação interagindo com um grupo de trabalho, tentando assim enriquecer-me mais como profissional.

A escolha da entidade acolhedora para a realização desta componente prática foi bastante importante. Foram vários os aspetos eliminatórios para a toma desta decisão, tais como ser uma empresa que trabalhasse pensando no futuro e que acompanhasse a transição energética para as renováveis, ter uma estrutura organizacional bastante consolidada, uma presença de liderança e referência no mercado em que operava, a escolha recaiu na empresa *Sunenergy*, mais conhecida pela marca *Sunenergy*. Sendo uma empresa que dimensiona projetos com base na tecnologia fotovoltaica, esta componente prática deu-me uma outra visão, ajudando-me a ter uma melhor postura no dimensionamento de sistemas para autoconsumo de EE.

Com uma componente prática, seria possível desenvolver conhecimentos na área do fotovoltaico e em diferentes softwares, tais como *PvSol* que seria usado para fazer a simulação dos projetos fotovoltaicos de forma mais detalhada, de modo a avaliar a viabilidade do local da instalação.

1.3 -Estrutura do relatório

O presente relatório está estruturado em 7 capítulos, em que cada capítulo contém a seguinte contextualização:

Capítulo 1 - introdução ao relatório com a respetiva contextualização do tema, onde é feito o enquadramento e apresentadas as motivações que levarão à realização deste estágio.

Capítulo 2 – é apresentada a entidade onde foi realizado o estágio e toda a sua organização.

Capítulo 3 – é realizado um enquadramento a nível nacional da produção de energia elétrica a partir do fotovoltaico bem como as suas vantagens e desvantagens.

Capítulo 4 – é feita uma abordagem à tecnologia existente no mercado com foco nos módulos, inversores, baterias e reguladores de carga.

Capítulo 5 –é dedicado à legislação aplicável aos sistemas fotovoltaicos.

Capítulo 6 – apresentação de casos de estudo onde é descrito todo o processo de dimensionamento e implementação de sistemas de autoconsumo, assim como algumas intervenções tidas no terreno.

Capítulo 7 – apresentação das conclusões retiradas através da realização deste relatório.

2. Original Sunenergy, Lda

2.1 Introdução

Neste capítulo será apresentado toda a estrutura da empresa e área de negócio em que esta atua. A marca *Sunenergy* teve um crescimento exponencial ao longo destes últimos anos, crescimento este que acompanhou a evolução e a procura da energia solar no mercado. Como é conhecido, a procura e o investimento por energias renováveis tem vindo a aumentar de ano para ano, muito por culpa do preço da energia elétrica estar a crescer exponencialmente. Outro fator é também a redução de emissões de CO_2 , que tem vindo a decrescer com o forte investimento em energias renováveis. Desta forma a empresa *Sunenergy* está presente no mercado de forma a acompanhara o esse mesmo crescimento deste mercado e

2.2 Enquadramento

A ligar os portugueses ao sol desde 1 de janeiro de 2010, a NRG – Sistemas de Energias Renováveis, Lda, agora Original *Sunenergy*, Lda (Figura 2.1), detentora da marca *Sunenergy*, atua no mercado das energias renováveis com especialização na área do fotovoltaico tanto para sistemas domésticos como para sistemas industriais de entidades privadas e públicas.

Com a aquisição da marca (*Sunenergy*), marca esta que nasceu em Espanha, iniciou-se o desenvolvimento da atividade em território nacional num sistema de franchising, de modo que fosse possível alcançar uma maior proximidade com todos os futuros clientes.

A Empresa iniciou a sua atividade em instalações localizadas na cidade de Aveiro, tendo mais tarde (2014), com a aquisição do Lot. 8 na da Rua José Augusto Frutuoso 6, transferindo a sua sede para a cidade de Coimbra. Com o forte crescimento da estrutura empresarial e do volume de negócio, em abril de 2021 a empresa sentiu necessidade de ampliar as suas instalações, fazendo assim a aquisição do Lot. 7 do mesmo edifício.



Figura 2.1 Fachada da empresa

A *Sunenergy* dedica-se a fazer o acompanhamento do cliente desde o dimensionamento incluindo a instalação dos sistemas até à manutenção dos mesmos. O grande foco da marca é a instalação de unidades de produção de EE tais como UPP's (Unidades de Pequena Produção), UPAC's (Unidades de Produção de Autoconsumo), instalação de postos de carregamento ligados ou não á rede *Mobi.e*, e não menos importante a instalação de sistemas de climatização, solar térmicos, bombas de calor, pisos radiantes e ar condicionados.

Através da instalação de sistemas energéticos mais eficientes e amigos do ambiente, a *Sunenergy* contribui assim para o desenvolvimento sustentável, otimizando a gestão de recursos energéticos e melhorando o bem-estar das pessoas (Sunenergy a, 2021).

Na Figura 2.2 pode-se ver o logotipo que representa a empresa Original *Sunenergy*, Lda.

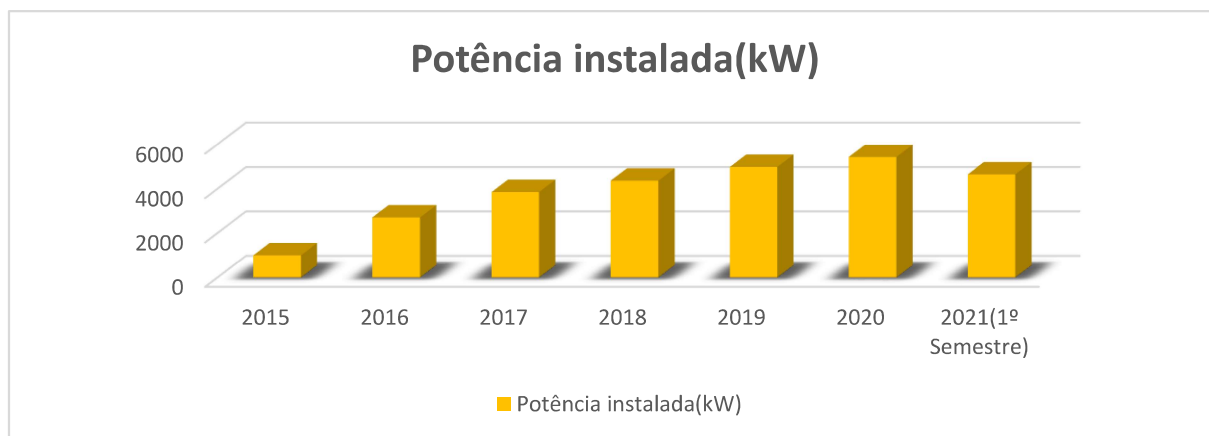


Figura 2.2 Logotipo da marca *Sunenergy* (Sunenergy a, 2021)

2.3 – Evolução da marca *Sunenergy* no fotovoltaico

A marca *Sunenergy* tem vindo a conquistar cada vez mais o território nacional, a prova disso é que a marca especializada em soluções de produção de energia elétrica a partir da energia fotovoltaica, gerou receitas de 3,5 milhões de euros no primeiro semestre de 2021, tendo tido um crescimento de 75% em relação ao período homólogo, um excelente indicativo face aos 5 milhões de euros gerados no ano de 2020.

Na Figura 2.3 pode-se ver que a *Sunenergy* teve um crescimento notório, em 2015 a empresa tinha 5 anos de existência no mercado nacional, conseguindo atingir o valor de 648 kWp de potência instalada, valores que mostravam já alguma firmeza. Depois deste período inicial, a *Sunenergy* foi catapultada para o mercado, no ano de 2017 instalaram uma potência de 3853 kWp e com a ajuda do estado estes valores continuaram a aumentar significativamente, em 2018 conseguiram instalar 21450 módulos o que perfaz uma potência instalada de 4362 kWp. Era claro que a missão e os valores desta jovem empresa faziam sucesso, mais recentemente, no 1º semestre de 2021 a empresa tinha instalado 13700 módulos fotovoltaicos que que faziam um total de 5 MWp de potência instalada, números que demonstram um crescimento significativo face ao ano de 2020, em que tinham instalado 15000 módulos totalizando uma potência de 4,6 MWp. O número de módulos foi mais reduzido em 2021 face a 2020 visto que a tecnologia dos mesmo tem evoluído bastante e as marcas têm apostado cada vez mais no desenvolvimento e na produção de módulos com maior potência. (Sunenergy b, 2021)

Figura 2.3 Potência instalada pela *Sunenergy*

2.4 – Serviço

A *Sunenergy* foca-se em projetar, instalar e proceder à respetiva manutenção dos sistemas que são adquiridos pelos clientes. Sejam eles sistemas de climatização ou para produção de energia elétrica.

2.5 – Estrutura Funcional

A estrutura funcional da *Sunenergy* encontra-se organizada consoante:

- O organigrama que define as relações hierárquicas (Figura 2.4)
- Descrição de funções, que define as funções dos seus colaboradores, as principais responsabilidades, autoridades e requisitos mínimos para o desempenho de cada função;
- A substituição para cada função na empresa encontra-se definida na Ficha de Descrição de Funções e Competências de cada colaborador.

Na *Sunenergy* são enquadradas as seguintes unidades funcionais:

Departamento Comercial: Trata das vendas da empresa, através da prospeção do mercado e da concorrência, valida as necessidades do consumidor e a operacionalidade dos produtos e serviços que a empresa disponibiliza.

Departamento de Engenharia climatização e solar térmico: com base na informação transmitida pelo departamento comercial e através de visita técnica elabora os projetos e orçamentos, no âmbito da energia solar térmica e climatização, adequados à necessidade de cada cliente.

Departamento de Engenharia: fotovoltaica: com base na informação transmitida pelo departamento comercial e através de visita técnica elabora os projetos e orçamentos, no âmbito da energia solar fotovoltaica, adequados à necessidade de cada cliente.

Departamento de Obra: Com base nos projetos elaborados pelos departamentos de engenharia e diretrizes dadas pelo departamento comercial o departamento de obra planeia e executa a instalação ou manutenção dos sistemas de energia ou climatização comercializados.

Departamento Administrativo e Financeiro: Este departamento contempla três atividades principais:

- **Expediente:** movimentação e fluxo das informações e processos realizados internamente, coordena e encaminha os contatos recebidos para o departamento correspondente e presta suporte BackOffice aos restantes departamentos nomeadamente nas áreas de logística, comercial e recursos humanos;
- **Contabilidade:** tratamento contabilístico e fiscal da documentação da empresa;
- **Financeiro:** Gestão de recebimentos e pagamentos.

Departamento da Qualidade e SST: Responsável pela implementação e consolidação do Sistema de Gestão da Qualidade e Segurança da empresa e responsável pela segurança no trabalho dos trabalhadores da empresa.

Departamento Projetos e Desenvolvimento de Negócio: este departamento tem como principais atividades trabalhar em projetos especiais, nomeadamente em concursos públicos e em todas as tarefas envolvidas. Para além disso está envolvido na prospeção e novas oportunidades e novos negócios.

Departamento de Marketing Digital: este departamento tem como principais atividades design gráfico de materiais de divulgação da marca e gestão das redes sociais e do website da empresa.

Para além da sede, na Rua José Augusto Frutuoso 6, 3025-029 Coimbra, a *Sunenergy* tem uma rede de franchisados de forma a poderem chegar a mais pessoas, sendo uma rede em constante expansão neste momento a *Sunenergy* possui 9 delegações espalhadas em território nacional mais propriamente em Braga, Marinha Grande, Caldas da Rainha, Mafra, Cascais&Sintra, Setúbal, Sesimbra&Almada, Albufeira e Faro, estas delegações trabalham de forma independente e com o auxílio da sede (Coimbra) sempre que o solicitarem de modo a garantir uma boa prestação de serviços (Sunenergy b, 2021), (Sunenergy c, 2021).

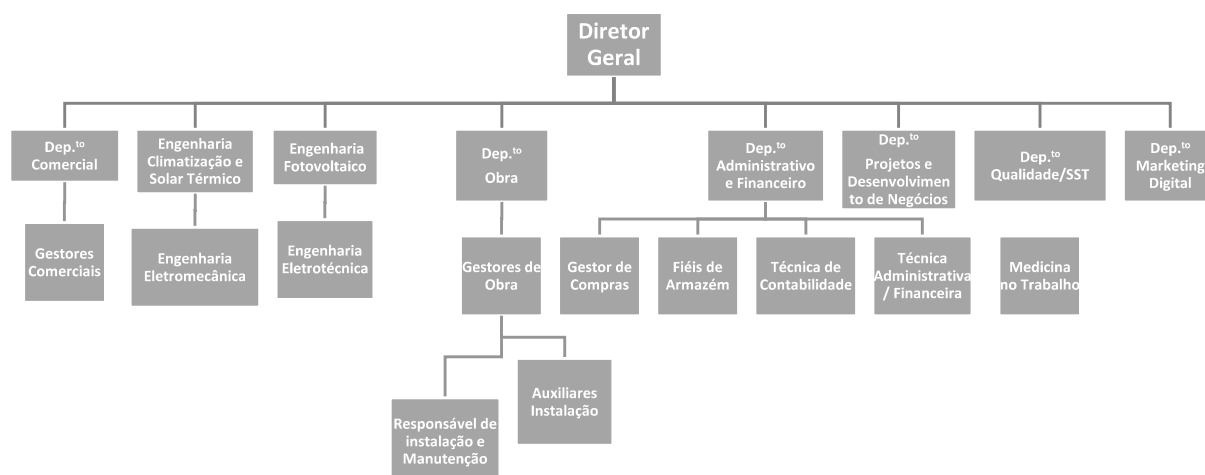


Figura 2.4 Organograma (Sunenergy c, 2021)

2.6 - Missão Visão e Valores

Os procedimentos de uma empresa são essências para que o sucesso seja atingido, missão visão e valores são as diretrizes fundamentais para que seja executada uma boa gestão empresarial, assim é possível prever acontecimentos futuros, sejam mudanças positivas ou negativas e deste modo planejar toda uma estratégia para que essas mudanças não venham a destabilizar, também para que seja definida uma cultura organizacional levando a alcançar melhores resultados.

A missão é baseada no propósito à qual a empresa foi criada, explicando de uma forma geral o seu papel e objetivo no mercado em que atua. A *Sunenergy* estabelece a sua missão através do desenvolvimento e comercialização de produtos e serviços de energia baseados nas tecnologias mais avançadas disponíveis no mercado, assegurando soluções sustentáveis e estabelecemos relações de confiança com os seus clientes e parceiros de negócio.

Visão é nada mais nada menos do que os objetivos à qual a empresa se propõe a alcançar num determinado espaço de tempo, podendo sempre sofrer alterações. Com o apoio e incentivo de todos os colaboradores a *Sunenergy* pretende ser uma referência no setor das energias renováveis, promovendo a utilização de sistemas energéticos limpos e eficientes, contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável, otimizando o consumo de recursos energéticos e melhorando o bem-estar das pessoas.

Valores são o conjunto de princípios na qual a empresa se baseia para tomar as suas decisões, devem ser seguidas como se de uma Lei interna se tratasse. É fundamental que todos trabalhem tendo como referências os valores definidos de modo a que ajude a impulsionar para o sucesso. Estes são os valores pela qual os colaboradores da *Sunenergy* se baseiam.

Orientação para o cliente: O sucesso dos clientes é o nosso sucesso.

Excelência: Garantir um serviço de excelência, com garantia de qualidade e eficiência.

Otimismo: Encarar os desafios como oportunidades.

Confiança: Assegurar uma gestão participativa e íntegra, com vista à confiança dos clientes, fornecedores, colaboradores e restantes intervenientes (Sunenergy c, 2021).

3. Produção Fotovoltaica

3.1 Introdução

A energia elétrica é hoje em dia considerado um bem essencial, na qual o consumo tem vindo a crescer nas últimas décadas de forma acentuada, devido ao seu papel como insumo básico nos processos de produção industrial assim como no setor de prestação de serviços e comércio em geral, além do conforto que proporciona. Nos últimos anos tem-se notado, em todo o mundo, esforços na procura de alternativas energéticas para substituir a principal fonte de energia da atualidade, o petróleo.

Na UE, a preocupação e o interesse em procurar diferentes formas de produção de EE aumentaram após as sucessivas crises petrolíferas. A energia solar fotovoltaica, tem-se vindo a mostrar uma alternativa muito interessante de forma a combater o elevado consumo de EE. Devido a ser uma tecnologia que traz grandes vantagens económicas e ambientais, este tipo de aproveitamento da energia solar, começa a tornar-se uma solução economicamente viável para a utilização em aplicações urbanas, residências e industriais.

3.2 Energia Fotovoltaica

No decorrer dos últimos anos, a preocupação com descarbonização do nosso planeta tem vindo a ser um tema alarmante, conseguir atingir neutralidade do carbono até ao ano de 2050 exige uma eletrificação em massa num curto espaço de tempo. Atualmente o setor energético ainda tem como base os combustíveis fósseis, que representam cerca de 60 % da energia que é consumida na Europa, isto coloca a Europa num patamar dos maiores poluidores mundiais. A UE tem vindo a criar políticas de combate de forma a reduzir a emissão de CO_2 e o sector energético tem vindo a ser um dos principais auxiliares nesta mudança, que desde o ano de 1990 fez com que fossem reduzidas as emissões em cerca de 22 % (iberdrola, 2021).

O Sol é um dos elementos fundamentais para o nosso ecossistema, é ele que equilibra muitos aspetos essenciais para a existência de vida na terra. Todos os dias o Sol presenteia-nos com energia limpa, gratuita e inesgotável, energia esta que vem em forma de raios solares e que o homem aprendeu a fazer maior proveito dela, tanto para a produção de energia elétrica como a de energia térmica.

Este conceito surgiu quando nos meados de 1839 o físico francês Alexandre *Edmond* Becquerel, que se dedicava sobretudo ao estudo da luz, desenvolveu um dispositivo fotovoltaico, que consistia numa placa semicondutora e que através da absorção da Luz esta criava diferença de potencial, que embora na altura não tivesse sido reconhecido pela ciência, este foi o primeiro passo, que temos conhecimento até à data, do desenvolvimento do efeito fotovoltaico. Mais tarde, propriamente em 1973 houve um grande investimento e desenvolvimento desta tecnologia, várias empresas viram-se obrigadas a investir no setor da energia renovável, pois estávamos perante uma crise energética.

Todo este investimento levou a que em 1993 fossem atingidos os 60 MW em produção de células fotovoltaicas, células estas que são constituídas por numa camada de Silício (Si), na

qual é formada uma junção P-N. Este elemento químico é bastante utilizado em componentes semicondutores (Reis, "Energia solar fotovoltaica", 2019), (wikipedia a, 2021), (wikipedia b, 2021).

3.3 Radiação Solar

O sol emite energia radiante à qual é designada de radiação solar, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. Cerca de 50% desta energia é emitida como luz visível na parte de frequência mais alta do espectro eletromagnético e os restantes 50% na forma de infravermelho e radiação ultravioleta, sendo assim o principal impulsionador à existência de vida na Terra, é a principal responsável pela dinâmica da atmosfera terrestre e pelas características climáticas do planeta.

Todos os anos o planeta terra é prendado com uma quantidade enorme de energia, estima-se que o sol fornece cerca de $1,5 \times 10^{18}$ kWh, valor este que representa 10 000 vezes o consumo mundial de energia verificado no mesmo período de tempo. No entanto, de modo a ter um maior aproveitamento desta energia toda existe uma grande necessidade de grandes superfícies de captação para o seu aproveitamento. A sua grande vantagem reside no facto de se tratar de uma fonte de energia repartida equitativamente (noctula, s.d.), (wikipedia c, 2021).

Nem toda a energia solar emitida é aproveitada, existem obstáculos pela qual a energia solar tem que atravessar, tornando o fluxo mais fraco. Ao existir incidência sobre a atmosfera e a superfície terrestre a energia segue um dos três destinos: refletida, absorvida ou transmitida. Cerca de 30% a 40% desta energia recebida é refletida novamente para a atmosfera através de meios refletores existentes, tais como as nuvens, as massas de gelo, neve e até da própria superfície terrestre. A esta razão entre a radiação refletida e incidente chama-se albedo. Como se pode observar na Figura 3.1 a radiação solar que atinge o topo da atmosfera terrestre provém da região da fotosfera solar (zona amarela), e esta apresenta valores reduzidos quando olhamos para a que reflete na crosta terrestre (zona vermelha), resultados que demonstram a energia absorvida pela atmosfera. A intensidade máxima de radiação do espectro solar ocorre a 500 nm (0,5 μm), quase na parte final do azul da faixa visível. Esta absorção está na origem do efeito de estufa, devido ao facto da radiação terrestre, resultado da reflexão da radiação solar por via do aquecimento da Terra, ser feita essencialmente na banda dos infravermelhos longos, radiação para a qual o CO_2 tem grande capacidade de absorção.

A parcela absorvida dá origem, conforme o meio, aos processos de fotoconversão e termoconversão. Na fotoconversão, a energia absorvida é refletida, embora em geral com frequência diferente, sendo os novos fotões em geral sujeitos a novas absorções, num efeito em cascata que em geral termina numa termoconversão, na qual consiste a captação da energia e a conversão de mesma em calor, passando o material aquecido a emitir radiação com um espectro correspondente à sua temperatura, o que, no caso da Terra, corresponde à radiação infravermelha que forma o grosso da radiação terrestre.

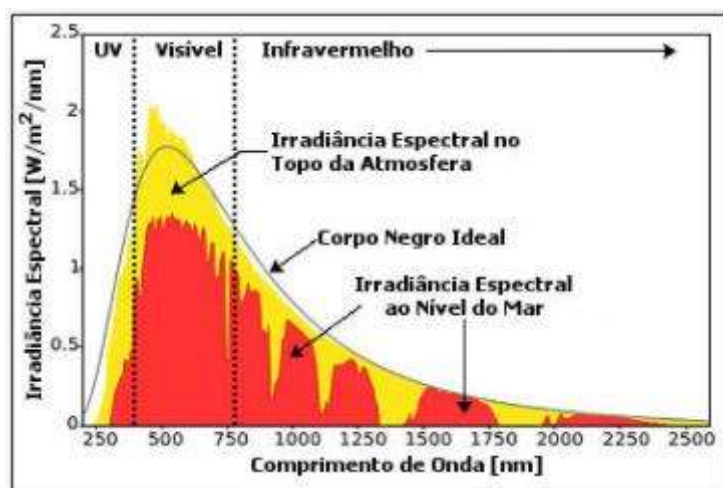


Figura 3.1 Espectro da irradiância solar acima da atmosfera e na superfície terrestre

Devido à reflexão e absorção dos raios na atmosfera, nem toda a radiação atinge a superfície terrestre, sendo esta absorção dividida em componente direta ou difusa quando a superfície não tem nenhum tipo de inclinação em relação ao plano horizontal, quando esta sofre algum tipo de inclinação estamos perante uma terceira componente refletida pelo meio envolvente. A Figura 3.2 representa em percentagem uma média do que é refletido por cada meio, dos 100% da radiação incidente na atmosfera e na crosta terrestre 19% é logo absorvida pela atmosfera principalmente pelas moléculas de oxigénio e ozónio e 30% refletida, sobrando 51% que chegam a atingir a crosta terrestre. 117% é a percentagem de energia que é radiada pela superfície da Terra na gama dos infravermelhos, em que 6% é emitida diretamente para o espaço (emissão terrestre) e 111% é absorvida pelos gases de estufa da atmosfera, deste 111%, 96% da radiação solar incidente são reencaminhados de novo para a superfície terrestre e 64% é emitida para o espaço (emissão atmosférica).

Geralmente é absorvida mais radiação pela superfície terrestre do que esta emite e a atmosfera radia mais do que absorve, são cerca de 30% de energia a mais.

Através da análise dos dados mencionados anteriormente, estes levam-nos a pensar que a superfície terrestre deveria ter um aquecimento e a atmosfera um arrefecimento, contudo na realidade isto não se verifica devido à existência de mais meios de transferência de energia que acabam por representar uma troca de energia em cerca de 30% do total da radiação solar (recurso solar, s.d.), (wikipédia d, 2021).

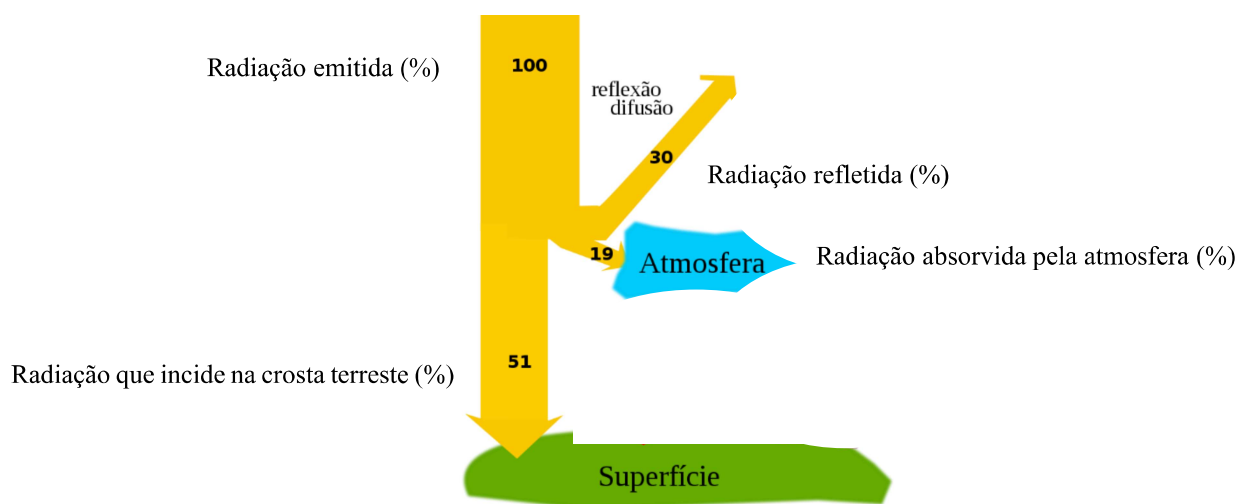


Figura 3.2 Radiação solar emitida e refletida (wikipédia d, 2021)

3.4 Radiação Solar em Portugal

Um paraíso plantado à beira-mar, é desta forma que Portugal se apresenta ao mundo, ou pelo menos é uma das principais reivindicações no que toca à mensagem publicitária turística. Para além do turismo, Portugal apresenta grande potencial quando se fala em produção fotovoltaica, tendo sido considerado um dos melhores países da UE para o aproveitamento e prática desta atividade, apresentando um valor anual de horas de sol a rondar os 2200 h / 3000 h em território nacional e 1700 h / 2200 h nos arquipélagos dos Açores e Madeira. Em Portugal a média do número de horas de sol por dia reflete-se mais no sul do país trazendo por consequência uma maior irradiação solar nesta zona, como se pode ver no mapa do lado esquerdo da Figura 3.3. Faro e Sagres são as localidades onde o índice de irradiação são os mais elevados, tendo tido registado 1937 kWh/m^2 e 1987 kWh/m^2 respetivamente. Valores este que se alteram quando olhamos para valores de localidades do Norte do país, se formos analisar os dados da cidade do Porto e de Vila Real, estes já descem para 1628 kWh/m^2 e 1572 kWh/m^2 . Isto demonstra que apesar do país ter condições excelentes para a produção de energia fotovoltaica, o Sul do território é o mais favorável para a implementação de sistemas fotovoltaicos.

Estas diferenças de valores derivam das condições atmosféricas mais favoráveis que estes locais dispõem para aproveitamento solar. Observando o mapa do lado direito da Figura 3.3, podemos ver que a maior variabilidade anual existe sobretudo no litoral do país, de Lisboa até ao Porto, incluindo em algumas zonas do centro, são zonas propícias a que haja essencialmente à ocorrência de períodos mais longos de grande nebulosidade, ocorrência de nevoeiros persistentes, ocorrência de neve no inverno, longos períodos de precipitação, entre outros fenómenos atmosféricos, característicos destas zonas que influenciam a disponibilidade e variabilidade anual de radiação solar, além da localização geográfica (Afonso Cavaco, 2016).

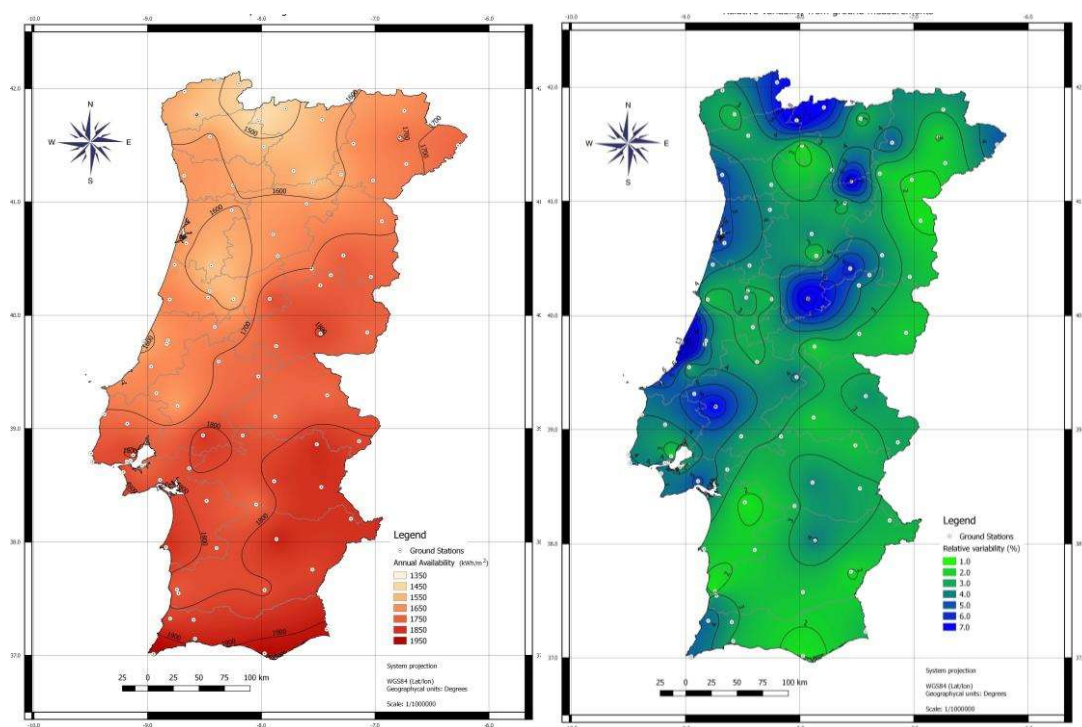


Figura 3.3 Radiação solar e variabilidade anual da disponibilidade da radiação solar (Afonso Cavaco, 2016)

3.5 Parques fotovoltaicos em Portugal

Olhando para o Panorama Energético Nacional é reconhecida a inevitabilidade da transição energética dada a necessidade climática. A localização geográfica e a inserção do sector renovável no PNEC (Plano Nacional de Energia e Clima) para 2030, fazem do território nacional um dos mercados mais promissores no que toca ao desenvolvimento da energia solar fotovoltaica.

Em Portugal, o fotovoltaico tem vindo a ganhar cada vez mais ênfase, nos últimos 11 anos foi a tecnologia que teve um crescimento mais acentuado, tendo tido uma evolução de 244 MW de potência instalada em 2012 para 1067 MW em 2021. Para além de o país possuir as condições ideais para a produção de energia elétrica através desta tecnologia, como a exposição solar e a baixa latitude que favorece a irradiação, a descida do preço dos módulos também deu um empurrão de modo a desencadear esta expansão (dgeg, 2021).

Dia 9 de outubro de 2021 foi marcado por mais uma inauguração de uma central, a maior central fotovoltaica que Portugal tem em funcionamento até à data e uma das maiores da Europa não subsidiadas. A Central Fotovoltaica Riccardo Totta, tem uma potência instalada de 219 MW, que comparada com a Central da Amareleja, que em 2008 era a maior central solar do mundo, esta nova central situada em Alcoutim é 5 vezes maior segundo os responsáveis pelo projeto.

O projeto conta com 661,500 módulos fotovoltaicos instalados e cerca de 40 postos de transformação, que fazem a ligação à rede através da subestação da Central e a subestação de Tavira. A Central ocupa uma área descontínua de 320 hectares, acompanhando as

irregularidades do terreno e mantendo corredores verdes, o que representou um desafio de toda a engenharia para minimizar o impacto ambiental.

A Central Fotovoltaica Riccardo Totta vai poupar 326 mil toneladas de CO_2 , o equivalente à energia utilizada por 200 mil casas, uma contribuição fundamental para que Portugal alcance as metas de energias renováveis previstas no Programa Nacional de Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)

O processo que culminou na instalação desta central começou em 2015, mas foi só em março de 2017, e com alguma controvérsia à mistura, que a obra foi lançada.

A central começou a ser implementada em 2019, num processo de engenharia demoroso, sofreu uma paragem em 2020 devido à pandemia de covid-19 e ficou concluída este ano, tendo recebido, a 15 de setembro de 2021, a licença de exploração por parte DGEG (da Direção Geral de Energia e Geologia), (Sul informação, 2021).



Figura 3.4 Central fotovoltaica de Alcoutim (Static, s.d.)

Situada no norte do país e com cerca de 49 MW instalados, a Central Fotovoltaica do Mogadouro é segunda maior do país e a maior da região norte de Portugal. Este “mar azul” está localizado no concelho do Mogadouro, Distrito de Bragança ocupando uma área de 65 hectares, tem instalado cerca de 120 mil módulos fotovoltaicos, 250 inversores e oito postos de transformação, representando uma capacidade de produção anual de 80,000 MWh,

Ainda assim, no decorrer de 2021 iniciou-se o arranque das obras da segunda fase desta central, uma central que irá ser agregada à já existente, Mina Tó, irá ser instalada numa área de 56 hectares e será ligada à rede elétrica nacional no primeiro semestre de 2022, é um projeto com uma capacidade instalada de 43 mil módulos fotovoltaicos, 93 inversores e 3 postos de transformação. para fornecer energia a perto de 11 mil habitações e evitando a emissão de 17 mil toneladas de CO_2 por ano. Esta junção irá ajudar a fornecer EE a mais de 30 mil habitações e contribuirá com uma redução de 48 mil toneladas CO_2 /ano (efacec, s.d.).



Figura 3.5 Central fotovoltaica Mogadour

4. Sistema fotovoltaico

4.1 Introdução

Um sistema solar fotovoltaico é o responsável pela conversão direta da energia solar, energia esta que chega à crosta terrestre através da radiação do sol, em energia elétrica, a esta transformação dá-se o nome de efeito fotovoltaico. Para isso é necessário recorrer a alguns equipamentos muito específicos, painéis fotovoltaicos, constituídos por células fotovoltaicas feitas de silício que se baseiam nas propriedades dos materiais semicondutores, estes recebem a energia em forma de radiação e transformam-na em energia elétrica CC. A quantidade de energia elétrica produzida por estas células é proporcional à intensidade de luz que nelas incide, tendo sempre em consideração o rendimento das mesmas.

Para que seja possível o consumo desta energia, é necessário convertê-la em CA e para isso é utilizado equipamentos que se destinam a esta conversão, mais propriamente inversores. Todos os sistemas têm como base estes equipamentos, adaptando a potência de pico e nominal a cada situação.

Dependendo da funcionalidade do sistema será acrescentado outro tipo de equipamentos, no caso de ser um sistema *off-grid* (sistema desconectado da rede pública) este terá que ter incorporado reguladores de carga e baterias. Estes sistemas contribuem para que a nossa dependência dos combustíveis fósseis para a produção de energia elétrica seja cada vez menor.

Ao longo deste capítulo será demonstrado alguns tipos de tecnologias e equipamentos existentes assim como o comportamento destas perante um mercado em constante evolução.

4.2 Células Fotovoltaicas

Múltiplas células fotovoltaicas constituem um painel fotovoltaico, estas células são constituídas com polos positivos e negativos, formando assim uma junção P-N. Na formação da junção P-N ocorre o processo de recombinação, esta recombinação recai na transição dos eletrões que se encontram mais próximos da zona de junção para o lado N para o lado P, este processo ocorre enquanto não há o equilíbrio eletrónico e estabilidade química.

Durante a recombinação e junto à fronteira da camada N com a camada P, é criada a chamada “zona de depleção”, Figura 4.1. Esta zona é o resultado da acumulação de cargas positivas do tipo n e de cargas negativas do tipo P, dando assim origem a uma diferença de potencial (V_{PN}).

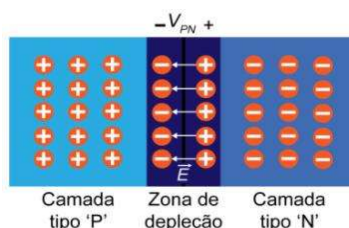


Figura 4.1 junção P-N numa célula fotovoltaica

Só existe deslocamento de elétrons quando estes recebem energia suficiente que os faça movimentar de uma camada para a outra, no caso das células fotovoltaicas essa energia é proveniente dos fótons que está presente na radiação solar.

Através de uma ligação da camada positiva à camada negativa e com a excitação dos elétrons é formada uma deslocação deste mesmo elétrons que por consequência formam uma corrente elétrica (Figura 4.2). A intensidade desta corrente elétrica será afetada pela quantidade de fótons que incidam na célula e pela capacidade de absorção (Moraes, 2020).

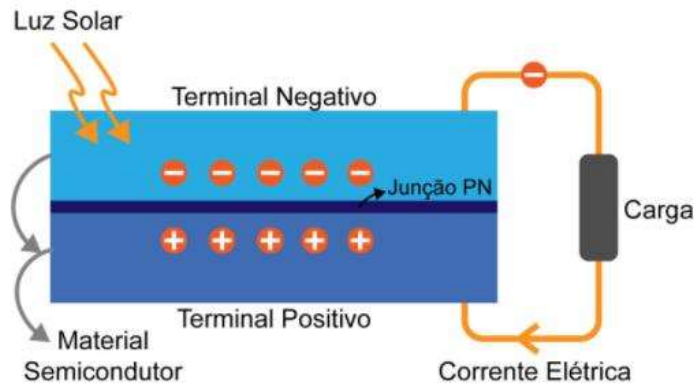


Figura 4.2 Funcionamento de uma célula fotovoltaica (Moraes, 2020)

4.3 Característica elétrica das células

Pode-se visualizar um modelo de uma célula fotovoltaica na Figura 4.3 os principais componentes de uma célula são os díodos e resistências. O díodo (D) representa a junção P-N, a resistência R_s representa a própria resistividade do material que compõe a célula e a resistência R_p as impurezas, as condições adversas a que a célula estará sujeita e os defeitos que a célula poderá ter derivado do processo de fabrico (Moraes, 2020).

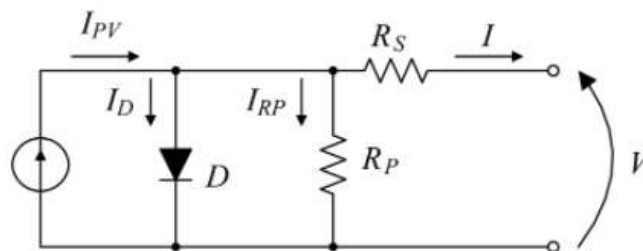


Figura 4.3 Composição elétrica de uma célula fotovoltaica

4.4 Tipo de Células Fotovoltaicas

A indústria das células fotovoltaicas está em constante evolução, todos os anos surgem novos módulos em que as células apresentam maiores eficiências, atualmente as células mais comuns apresentam uma dimensão de 100 cm^2 a 200 cm^2 , tendo uma capacidade de produzir uma diferença de potencial na ordem dos 0,6 V e uma potência a oscilar entre 1 W e os 3 W. As células fotovoltaicas são produzidas através de um material condutor chamado de silício (Si) e as mais comuns são Si cristalino, Si monocristalino, Si policristalino e Si amorfo (Moraes, 2020), (Reis, Portal da energia, 2017).

4.4.1 Célula de silício monocristalino (mono-Si)

As células de Silício monocristalino (Figura 4.4) são das mais usadas nos dias de hoje, estas possuem um rendimento dos 16 % aos 23 % conseguidos em condições ideais no laboratório. O processo de fabrico é complexo e dispendioso começando pela extração do cristal de dióxido de silício, o silício é usado no seu estado mais puro chegando a atingir um grau de pureza de 98 % a 99 % o que leva a que haja um grande consumo de energia no seu tratamento, é solidificado em formato de barras e posteriormente cortado em *wafers*, tornando este tipo de células mais caras (Moraes, 2020), (Reis, Portal da energia, 2017).

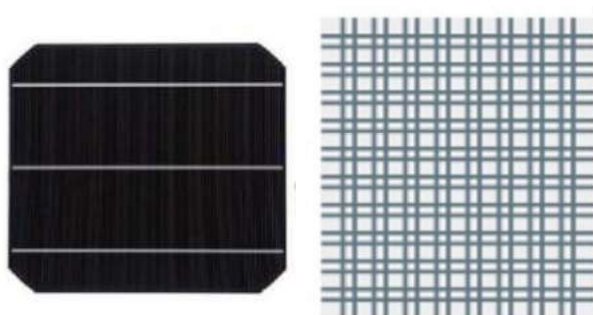


Figura 4.4 Célula monocristalina e estrutura atômica do material (Zani, 2021)

4.4.2 Célula de silício policristalino (multi-Si)

As células de silício policristalino (Figura 4.5) têm um rendimento mais reduzido, 11 % a 13 % e em laboratório cerca de 18 %, estes valores são o reflexo do silício não ser tão puro e o cristal apresentar imperfeições na célula, necessitando assim de menos energia na sua produção. Contudo o seu valor é mais reduzido, tornando assim este tipo de células bastante atrativo para a construção de módulos fotovoltaicos (Moraes, 2020), (Reis, Portal da energia, 2017).

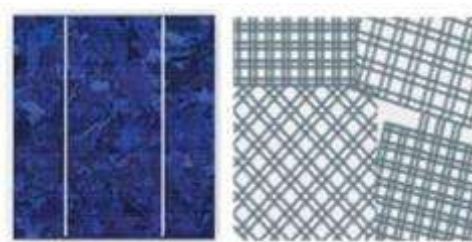


Figura 4.5 Célula policristalina e estrutura atômica do material (Zani, 2021)

4.4.3 Célula solar de silício amorfo (a-Si)

As células de silício amorfo (Figura 4.6) são películas muito finas que têm mostrado grandes vantagens tanto nas propriedades elétricas quanto no processo de fabricação. Este tipo de células apresentam um custo muito baixo a nível de produção o que acaba por refletir no seu

rendimento, tendo uma capacidade de rendimento elétrico aproximadamente de 8 % a 10 % podendo chegar aos 13 % em laboratório, para além do rendimento apresentado estas células apresentam grandes índices de degradação logo nos primeiros períodos de produção (Moraes, 2020), (Reis, Portal da energia, 2017).

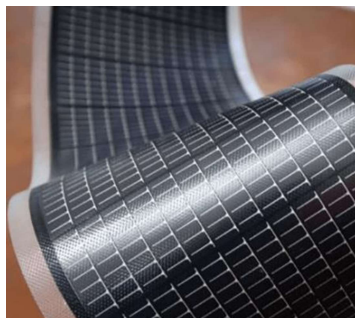


Figura 4.6 Célula silício amorfo (Zani, 2021)

4.4.4 Célula PERC

Atualmente as células fotovoltaicas sofrem constantemente avanços tecnológicos e as células com a tecnologia *PERC* (*Passivated Emitter Rear Cell*) não fogem à regra, antes pelo contrário. Na tecnologia *PERC* é adicionado uma camada refletora nas costas da célula, entre o alumínio e o silício, de modo a reaproveitar toda a energia que é refletiva, aumentando assim o rendimento da mesma.

Fazendo a comparação das células com e sem tecnologia *PERC* (Figura 4.7), uma parte da radiação que incide sobre a célula fotovoltaica sem tecnologia *PERC* é absorvida pela face posterior da célula, fazendo com que esta seja desperdiçada. Com a tecnologia *PERC* essa energia que foi desperdiçada na célula convencional é refletida pela camada adicional e captada pela camada emissora para uma nova tentativa de absorção, levando a que a célula seja mais eficiente (Pickerel, Kelly, 2016).

Esta tecnologia apresenta grandes rendimentos em ambientes com pouca radiação solar, melhorando o desempenho dos módulos no início da manhã e ao final do dia, como também em ambientes nublados. A elevada temperatura é um grande inimigo na produção fotovoltaica, e devido a não existir uma grande absorção pela parte traseira da célula a temperatura da célula também vai ser reduzida, o que traz uma melhoria no rendimento da célula em zonas com temperaturas elevadas (Sunergia, 2019).

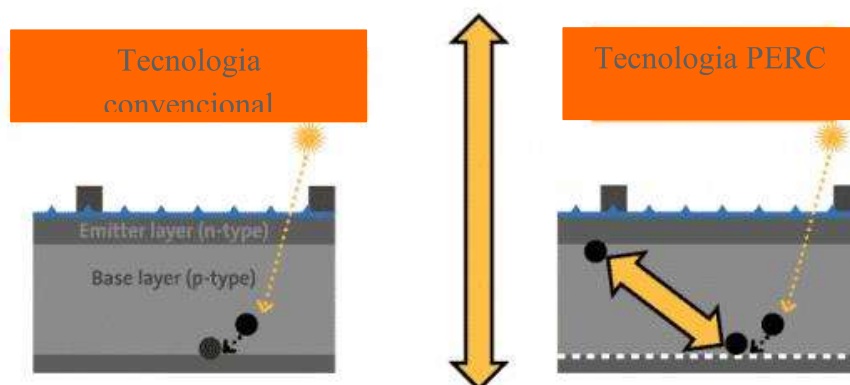


Figura 4.7 Comparação com tecnologia PERC (Sunergia, 2019)

4.4.5 Fabrico das células de silício

A fabricação das células de silício é dotada de várias etapas, começando por um processo de transformação do quartzito, matéria-prima que é extraída em forma de rocha de arenito de quartzo. Na

Figura 4.8, é visível que em primeiro lugar o quartzito sofre uma transformação através da sua junção com carbono, processo este que acontece a altas temperaturas e que dá resultado ao silício no seu estado quase puro, 99 % de pureza. De seguida é necessário converter o Si em polissilício puro, usando um processo de purificação química, denominado *Siemens*, este processo consegue atingir perto dos 100 % de pureza do silício. Após esta purificação o polissilício é combinado com barras de boro ou fósforo, de modo a criar o silício do tipo P ou do tipo N. Em seguida o silício é derretido e fundido em grandes blocos, que após atingirem uma determinada temperatura são previamente cortados através do processo de corte de fio diamante. Após isso a célula é criada através de camadas ultrafinas de Silício do tipo P ou do tipo N de modo a criar a junção PN (Svarc, Jason, 2020).



Figura 4.8 Etapas de fabricação das células (Svarc, Jason, 2020)

4.4.6 Célula Half Cut

Esta tecnologia não tem nenhuma explicação muito complexa, tal como o nome indica este tipo de células são células que são divididas ao meio. Em vez dos módulos fotovoltaicos possuírem 60 células, possuem 120 e 144 células com a dimensão reduzida para metade, na qual possuem uma maior eficiência devido à corrente e resistência elétrica reduzida. Estas células também apresentam tensões mecânicas reduzidas, existindo uma probabilidade mais reduzida de existirem quebras do vidro. Uma das maiores vantagens dos módulos produzidos com este tipo de células é o comportamento com sombras, eles conseguem reduzir as perdas quando o painel é afetado parcialmente por sombras, isto é resultado da forma como as células estão conectadas.

Atualmente no mercado, um painel chamado de “convencional” é constituído por 60 células de 0,5 V cada que se encontram conectadas em série (Figura 4.9).

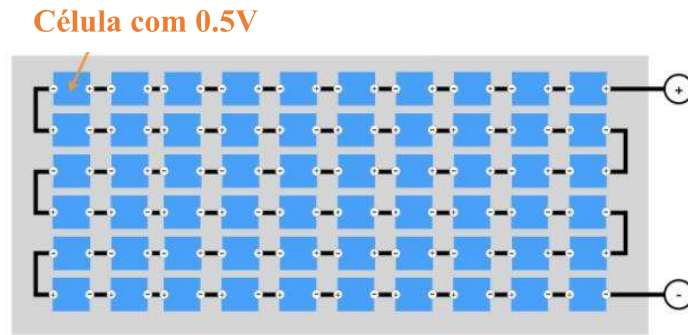


Figura 4.9 Painele constituído por 60 células fotovoltaicas (Brakels, 2018)

De modo que a tensão de um painele não sofra grande aumento e para que não haja entraves na utilização com os inversores, as células *half cut* são conectadas em série e em 2 grupos de 60 células (Figura 4.10), perfazendo uma tensão de 30 V cada. Por sua vez estas 2 metades são conectadas em paralelo, o que faz com que a tensão do painele se mantenha nos 30 V.

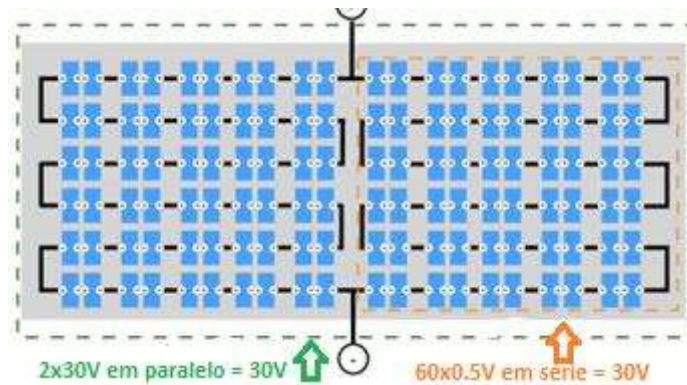


Figura 4.10 Painele constituído por 120 células fotovoltaicas (Brakels, 2018)

Na Figura 4.11 está representado o comportamento de um painele convencional quando sofre sombreamento, no campo 3 o fluxo de corrente é inexistente, pois o díodo bypass foi ativado e faz com que 1/3 das células fiquem desativadas, obtendo assim aproximadamente 2/3 de energia em relação à que poderia obter se todas as células estivessem a produzir.

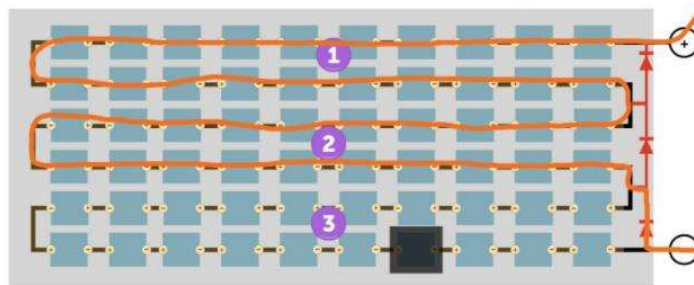


Figura 4.11 Comportamento de um painele padrão com sombra (Brakels, 2018)

Com um painele constituído por células *half cut* o comportamento já não é o mesmo, aqui os díodos encontram-se a meio do painele fazendo a separação das *strings*. Como podemos ver na Figura 4.12 existe um pequeno ponto de sombra na *string* 6, a corrente não tendo possibilidade de passar pelo díodo opta por seguir pela *string* 3 evitando que a quebra na produção seja mais significativa, assim só 1/6 do módulo é que não se encontra em funcionamento devido à sombra causada.

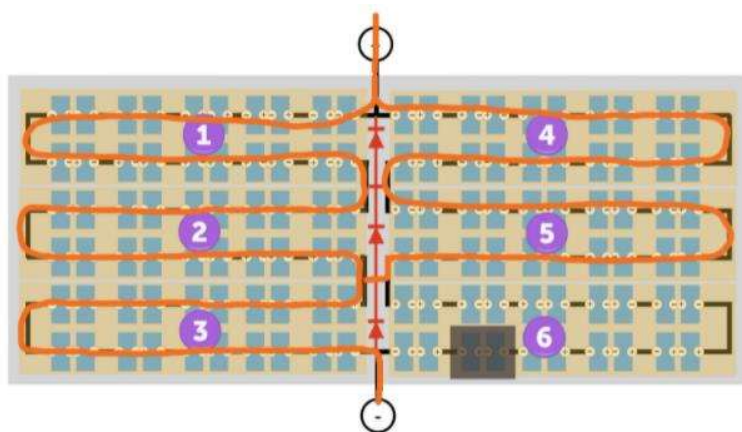


Figura 4.12 Comportamento de um painel half cut com sombra (Brakels, 2018)

Como desvantagem, estas células apresentam um valor acrescido na sua produção comparadas com as células convencionais, o que por sua vez leva a que os módulos encareçam. Contudo a procura por este tipo de células é bastante grande e prevê-se que em 2028 40 % dos fabricantes optem por esta tecnologia (Pickerel, 2018), (Brakels, 2018).

4.5 Curva característica de uma célula fotovoltaica

A curva característica de uma célula fotovoltaica (Figura 4.13) é nada mais nada menos do que uma análise da corrente em função da tensão de forma a que seja possível ver o comportamento de um módulo fotovoltaico. A corrente e a tensão são parâmetros que alteram o seu comportamento consoante a radiação que incide na célula e a temperatura à qual a célula está exposta. A corrente varia o seu valor diretamente com a radiação, isto é, quando existe um aumento de radiação o valor da corrente irá aumentar de forma proporcional, já quando olhamos para o valor da tensão esta acaba por ter pequenas oscilações, deste modo o desempenho da célula à qual foi pensado inicialmente não é afetado.

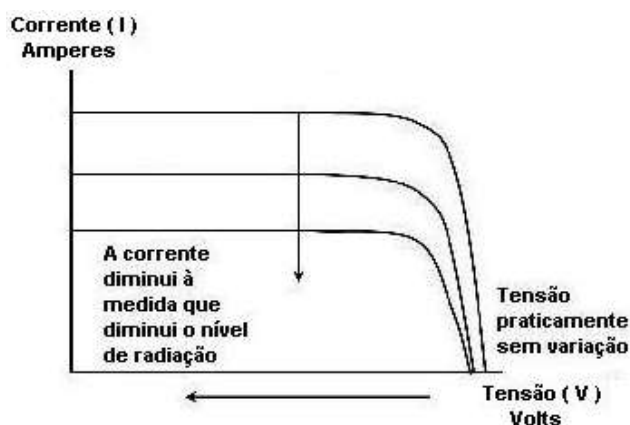


Figura 4.13 Efeito da corrente com a radiação (alargador.tripod, s.d.)

Como é explícito na Figura 4.14 e como referido anteriormente, a tensão (V) é um dos parâmetros que não sofre grandes oscilações nas células, mas ao acontecer o principal motivo é o aumento da temperatura que acaba por influenciar diretamente a tensão, quanto maior for a temperatura menor será a tensão na célula, o que pode trazer consequências na produção. Devido a este efeito, é aconselhado para locais onde existe uma temperatura ambiente muito

elevada módulos que sejam constituídos por uma grande quantidade de células em série, de modo a que a tensão de saída do módulo seja a adequada para um bom funcionamento do sistema (alargador.tripod, s.d.).

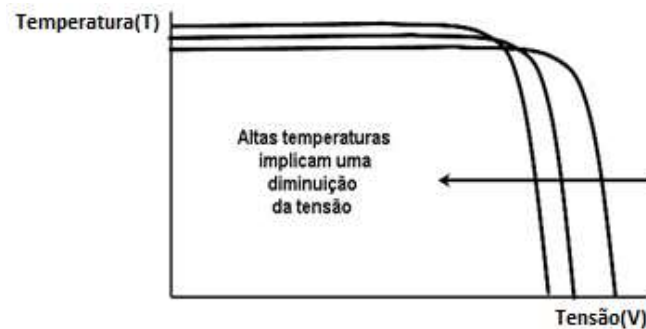


Figura 4.14 Efeito da temperatura (alargador.tripod, s.d.)

De modo a saber o comportamento do módulo não é só necessário ter em consideração a curva característica, é fundamental perceber o comportamento da carga a conectar aos terminais do módulo, neste caso será a carga que irá determinar o ponto de funcionamento na curva característica I-V.

Na Figura 4.15 é possível analisar o comportamento de uma carga resistiva quando conectada a um módulo, o ponto de funcionamento será o ponto de interceção da reta da carga resistiva representada pela expressão 4.1 com a curva característica do módulo. É possível ver que quando estamos perante uma carga resistiva baixa esta não irá exigir uma máxima potência do módulo

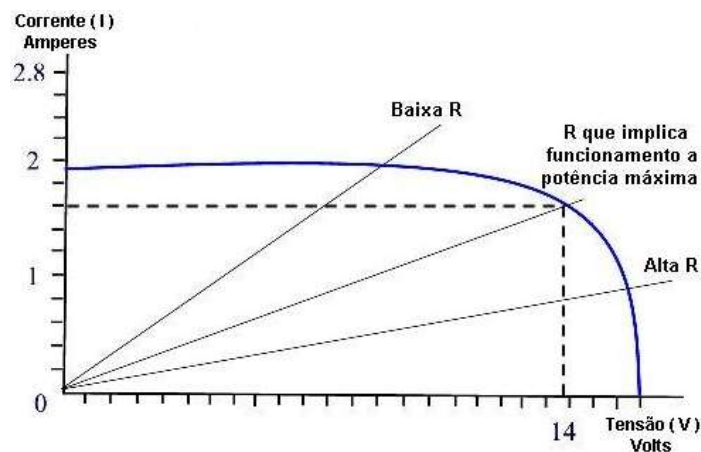


Figura 4.15 Comportamento com uma carga resistiva (alargador.tripod, s.d.)

$$I=U/R \quad (4.1)$$

O comportamento com uma carga de corrente contínua, neste caso uma bateria, tem uma dependência da tensão. Se estivermos a falar de uma bateria de 12 V esta irá determinar a tensão de funcionamento aos equipamentos que estão conectados a ela, incluindo o painel que irá trabalhar nessa gama se for ligado diretamente à bateria.

A curva característica I-V tem comportamentos distintos consoante o meio envolvente e as condições ambientais, o que nos leva a concluir que ao longo do dia iremos estar perante várias curvas. Como se pode ver na Figura 4.16 com o nascer do sol a radiação é relativamente fraca, o que leva a que nas células circulem correntes baixas e estas tenham uma produção menor, o mesmo se aplica para o final do dia. Ao meio-dia o comportamento já é o mais desejado, quando atinge o pico de Watt hora/dia é nesta altura do dia em que a radiação é mais elevada as células irão produzir mais corrente o que as leva a terem um melhor desempenho a nível de produção (alargador.tripod, s.d.).

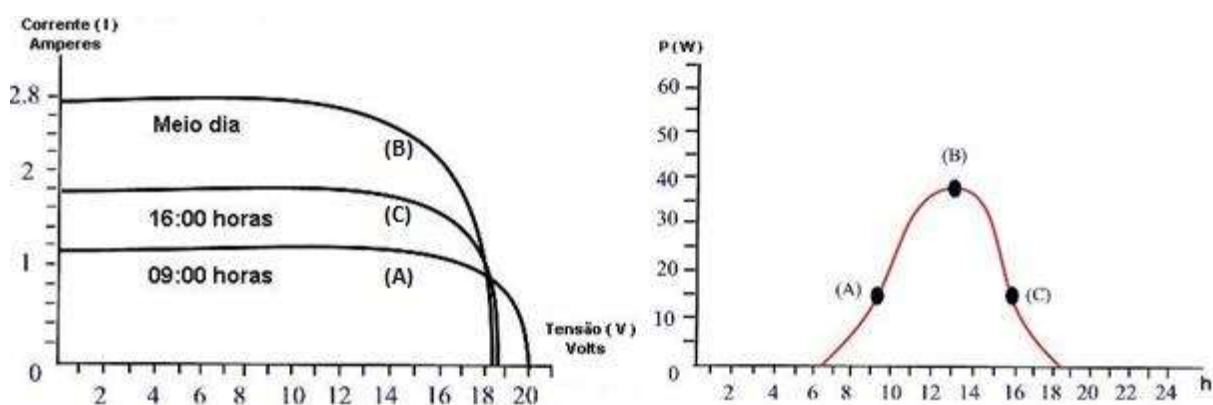


Figura 4.16 Comportamento da célula ao longo dos diferentes períodos do dia (alargador.tripod, s.d.)

4.6 Módulos fotovoltaicos

Como está representado na Figura 4.17, os painéis fotovoltaicos são constituídos por 6 componentes que necessitam de ser manuseados através de automação de extrema precisão na hora da montagem. De seguida será apresentada a constituição de módulos com células monocristalinas e policristalinas, apesar de existirem outras é este tipo de tecnologia que tem dominado o mercado dos painéis fotovoltaicos (Svarc, 2020).



Figura 4.17 Composição de um módulo fotovoltaico (Solar, s.d.)

- **Moldura de alumínio**

A estrutura que envolve todos os componentes desempenha um papel muito importante, protege todas as camadas que fazem parte do módulo fotovoltaico oferecendo uma estrutura sólida ao módulo. O alumínio oferece a vantagem de ser uma matéria-prima

leve, mas ao mesmo tempo com alguma robustez de forma a conseguir suportar tensões e cargas extremas e condições climáticas adversas.

- Vidro

A folha de vidro temperado frontal protege as células fotovoltaicas de impactos, estamos perante um vidro com um tratamento que lhe dá alta resistência, com cerca de 3 a 4 mm este vidro é projetado para suportar impactos mecânicos e diferenças de temperatura. Segundo o teste de impacto mínimo IEC exige que o vidro resista a impactos de objetos com 25 mm e que sejam projetados a uma velocidade de 27 m/s. Mesmo que este vidro sofra impactos com maior gravidade ele está preparado para se desfragmentar em pequenos fragmentos sem criar pontas soltas e pontiagudas.

- Película de Etileno Vinil (EVA)

EVA é uma camada de polímero altamente transparente que é usada para envolver as células e mantê-las fixas durante a fabricação das mesmas. Este material tem a característica de ter uma durabilidade extensa, de ser resistente a humidades e a altas temperaturas. Esta película fornece alguma absorção ao choque e ajuda a proteger as células e os fios de grandes vibrações e impactos. Na hora da escolha da EVA a aplicar é muito importante ter em atenção à qualidade da mesma, esta pode influenciar a vida útil do módulo e o grau de degradação. Durante a fabricação as células são revestidas com uma película de polímero antes de serem colocadas no vidro.

- Células fotovoltaicas

Como já referido anteriormente as células são as responsáveis pela conversão da radiação solar em energia elétrica. A eficiência do módulo é ditada pela eficiência da célula e pelas características do silício usado.

- Folha traseira

Esta camada de material é a camada mais posterior que tem como função a proteção contra humidades e isolamento térmico. Esta “folha” é feita de vários polímeros (plásticos), tem um aspeto visual de cor branca e oferece uma estabilidade térmica e resistência mecânica. Esta folha de polímero também pode ser substituída por vidro, levando a que o painel consiga assegurar um melhor desempenho num maior espaço de tempo. Contudo, o vidro acaba por tornar o módulo mais caro.

- Caixa de junção

A caixa de junção está localizada na parte traseira dos módulos e é onde se encontram os díodos bypass que evitam as correntes mais fracas causadas pelas sombras ou por

sujidades nos módulos. Com o avançar do tempo pode existir a necessidade de substituir estes díodos, para isso a caixa de junção é projetada de forma a que a tampa seja removível para qualquer tipo de manutenção. Atualmente, com a evolução da eletrónica, os fabricantes optam por díodos de duração mais avançada, de forma a tentar reduzir a substituição dos mesmos. Desta caixa saem dois cabos (positivo e negativo) que vão fazer a ligação com os restantes módulos.

- Conectores MC4

De modo a construir as *strings* (módulos ligados em série) é necessário que haja conectores adequados que aguentem condições climáticas extremas, que sejam resistentes a raios ultravioleta e que garantam uma boa conexão com tensões altas de até 1000 V.

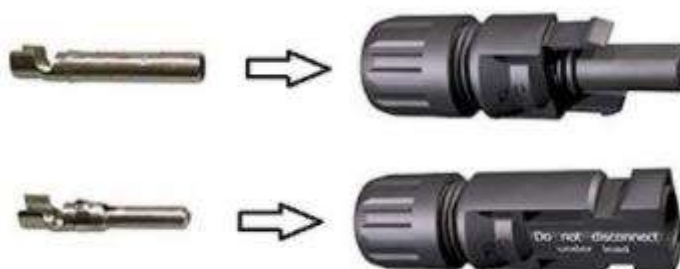


Figura 4.18 Conectores MC4 - macho e fêmea (Svarc, 2020)

4.7 Módulos conectados em série

Os módulos ao receberem radiação produzem tensão nos seus terminais, tensão esta que varia consoante o fabricante e a potência de pico (Watt pico) de cada painel. Se conectarmos os módulos em série conseguimos com que esta tensão aumente, e ao mesmo tempo a corrente permanece igual.

Uma *string* (Figura 4.19) é um conjunto de módulos ligado em série, que na prática é a ligação do terminal negativo do painel 1 ao terminal positivo do painel 2 e o negativo do painel 2 é ligado ao positivo do painel 3 e assim sucessivamente até que a tensão da entrada do inversor assim o permita.

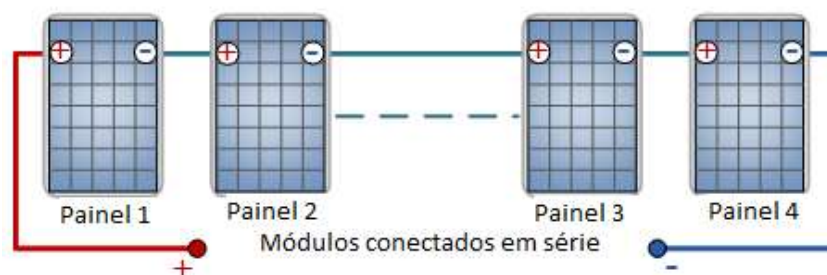


Figura 4.19 Módulos em série (alternative-energy-tutorials(Series), s.d.)

Na Figura 4.20 está representado uma *string* em que os módulos possuem tensões e correntes iguais. A tensão desta mesma *string* é a soma individual de tensão de cada módulo (4.3), já a corrente é igual à corrente do módulo apresentado (4.2), visto que em série a corrente não sofre alterações. Com esta sequência a *string* produz 180 W (4.4), o que é 3 vezes mais do que a produção de um só módulo.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 5 \text{ A} \quad (4.2)$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 12 + 12 + 12 = 36 \text{ V} \quad (4.3)$$

$$P_T = V_T * I_T = 36 * 5 = 180 \text{ W} \quad (4.4)$$

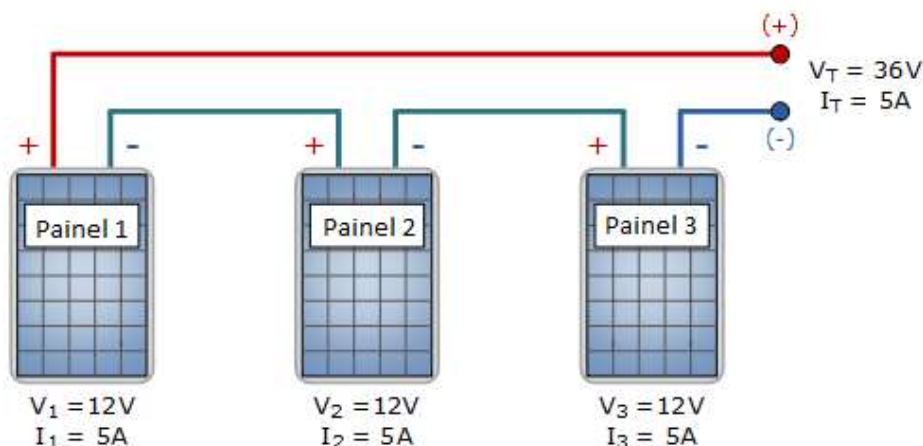


Figura 4.20 String com módulos de tensões iguais (alternative-energy-tutorials(Series), s.d.)

Quando painéis com diferentes características elétricas são conectados na mesma *string* a tensão de saída poderá ser diferente, no caso da Figura 4.21 o somatório das tensões é de 36 V e a corrente 5 A, produzindo também 180 W. Se houvesse um painel em que a corrente fosse inferior a 5A, a *string* já ia ficar prejudicada, pois nessa *string* só iria circular a corrente de menor valor, o que faria com que a potência fosse inferior aos 180 W.

É importante salientar que a tensão dos módulos varia consoante a irradiação, os fabricantes indicam que a tensão em circuito aberto pode ser 25% superior à anunciada, o que é de ter em consideração quando se conecta uma *string* em série a controladores de carga e inversores.

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 5 \text{ A} \quad (4.5)$$

$$(4.6)$$

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 6 + 12 + 18 = 36 \text{ V}$$

$$P_T = V_T * I_T = 36 * 5 = 180 \text{ W} \quad (4.7)$$

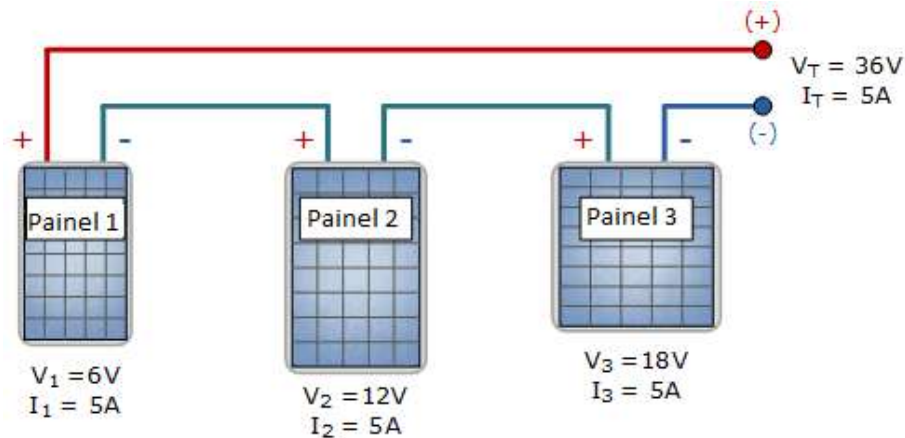


Figura 4.21 String com módulos de tensões diferente (alternative-energy-tutorials(Series), s.d.)

Na Figura 4.22 está representado uma *string* na qual os módulos possuem tensões iguais, mas correntes diferentes. No caso da tensão de saída, o comportamento é o mesmo, a tensão é o somatório das tensões individuais dos módulos, já com a corrente o processo é diferente neste caso, a corrente é limitada pelo módulo que possui o valor mais baixo, levando a que a *string* tenha só 1 A, o que traduz numa potência de apenas 36 W. Neste caso será o módulo com a corrente mais baixa que vai definir qual a potência que a *string* irá produzir.

Se olharmos para a potência individual de cada módulo $P_1 = 12 \text{ W}$, $P_2 = 36 \text{ W}$, $P_3 = 60 \text{ W}$ esta *string* deveria produzir 108 W mas como é a corrente mais baixa que predomina, estamos perante uma perda de cerca de 33 % de produção, deste modo o incremento de módulos terá que ser devidamente projetado para que não haja desperdício no investimento (alternative-energy-tutorials(Series), s.d.)

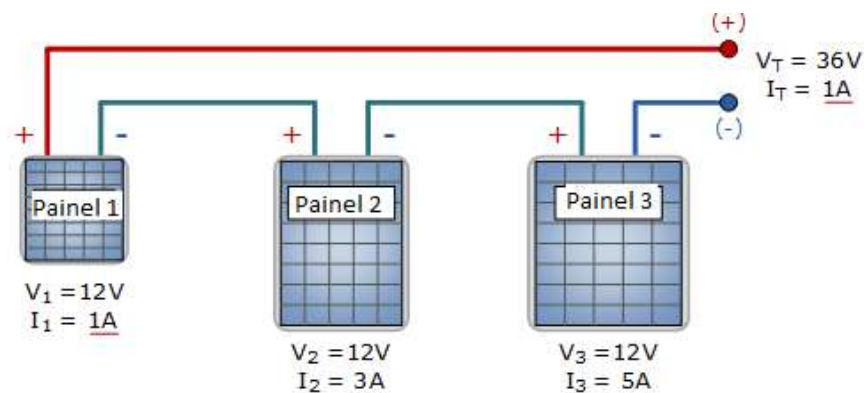


Figura 4.22 String com módulos de corrente diferente (alternative-energy-tutorials(Series), s.d.)

4.8 Módulos conectados em paralelo

Quando os módulos são ligados em paralelo (Figura 4.23) isto significa que na prática alguns positivos são ligados em grupo, consoante o inversor que estiver para ser usado, na maioria dos casos são agrupados positivos ao par, o mesmo acontece em relação ao negativo. Esta esquema de montagem faz com que a tensão de saída seja igual à tensão de cada módulo, contudo a corrente será a soma das correntes de cada *string* ligada em paralelo.

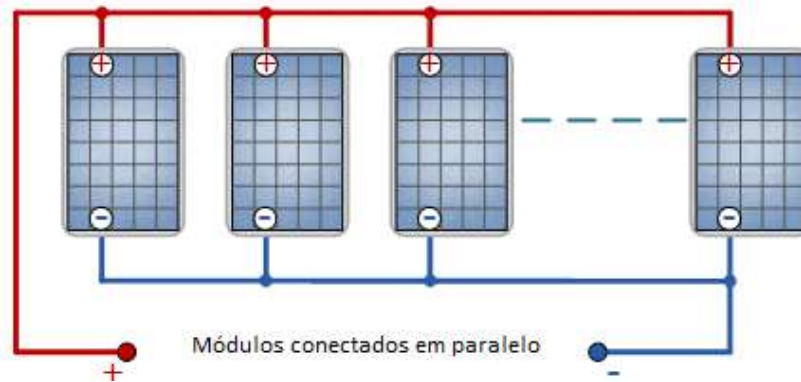


Figura 4.23 Módulos em paralelo (alternative-energy-tutorials(Parallel), s.d.)

Visualizando um cenário em que temos módulos com as mesmas características elétricas em paralelo (Figura 4.24), o total da corrente elétrica à saída da *string* é representada pela expressão 4.13

totalizando o valor de 15 A e a tensão é igual à tensão que circula na *string* (12 V). Esta representação totaliza uma potência de 180 W (volts x amperes), em comparação com os 60 W de apenas um único módulo fotovoltaico.

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \Leftrightarrow I_T = 5 + 5 + 5 \Leftrightarrow I_T = 15 \text{ A} \quad (4.7)$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \Leftrightarrow V_T = 12 \text{ V} \quad (4.8)$$

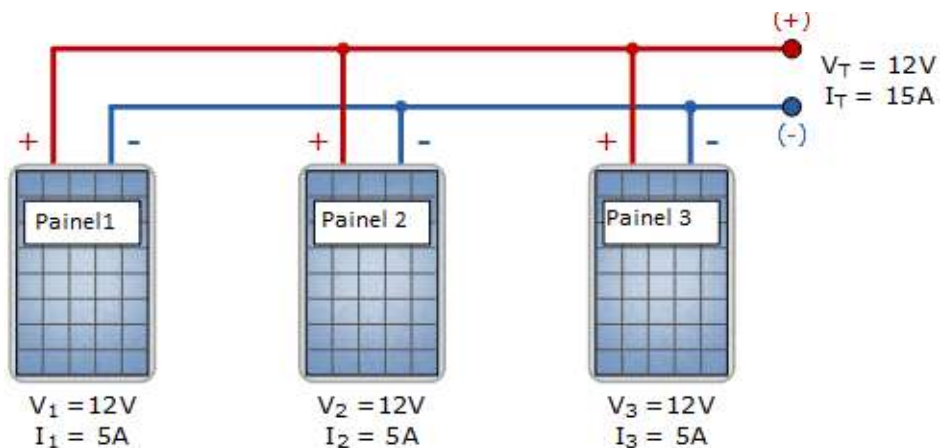


Figura 4.24 Módulos em paralelo de tensões iguais (alternative-energy-tutorials(Parallel), s.d.)

No cenário representado pela Figura 4.25 todos os módulos apresentam correntes diferentes, mas tensão iguais, esta tensão é a que representará o valor total da tensão da *string*. Vimos já anteriormente que nos módulos em paralelo a corrente é somada e a tensão permanece constante nos 12 V.

A configuração da Figura 4.25 tem uma corrente de 9 A e uma tensão de 12 V, o que perfaz uma potência 108 W. Novamente, a corrente de saída total será a soma dos painéis individuais que dependerá do número de painéis conectados (4.9). Como antes, a tensão de saída permanece a mesma em 12 V (4.16).

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \Leftrightarrow I_T = 1 + 5 + 3 \Leftrightarrow I_T = 9 \text{ A} \quad (4.9)$$

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \Leftrightarrow V_T = 12 \text{ V} \quad (4.10)$$

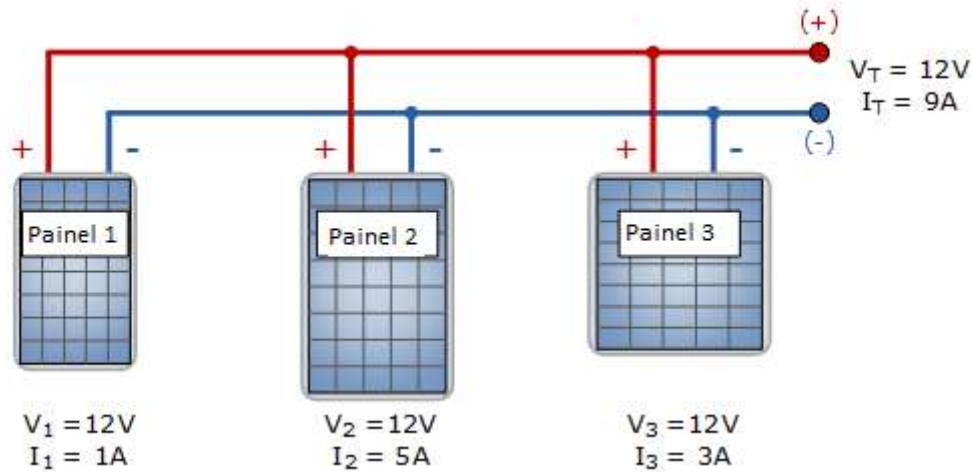


Figura 4.25 Módulos de correntes diferentes (alternative-energy-tutorials(Parallel), s.d.)

Ao colocarmos *strings* (módulos em série) em paralelo com outras *strings* estamos a aumentar o valor da tensão máxima e o valor da corrente máxima.

É claro que estas conclusões pressupõem que os módulos tenham características elétricas idênticas e que haja o mesmo número de painéis fotovoltaicos por *string*, de modo que a corrente das *strings* em série aumenta enquanto a tensão de cada *string* permanece constante.

No caso em que os módulos apresentarem características de tensões diferentes, como é apresentado na Figura 4.26, a potência de saída já não é assim tão linear como apresentado nos casos anteriores.

Neste caso as tensões dos módulos são diferentes, mas em contrapartida as correntes apresentam os mesmos valores. No caso da corrente, esta é calculada fazendo a soma das correntes individuais dos módulos (4.11) mas a V_T (tensão total) vai ser limitada pelo módulo que tiver a tensão mais baixa, que neste caso será 8 V (4.12). Neste caso o circuito irá ter uma tensão total (V_T) de 8 V e uma corrente total de (I_T) de 15 A perfazendo uma potência de 120 W (4.13).

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \Leftrightarrow I_T = 5 + 5 + 5 \Leftrightarrow I_T = 15 \text{ A} \quad (4.11)$$

$$V_T = V_1 \Leftrightarrow V_T = 8 \text{ V} \quad (4.12)$$

$$P_T = V_T * I_T = 8 * 15 = 120 \text{ W} \quad (4.13)$$

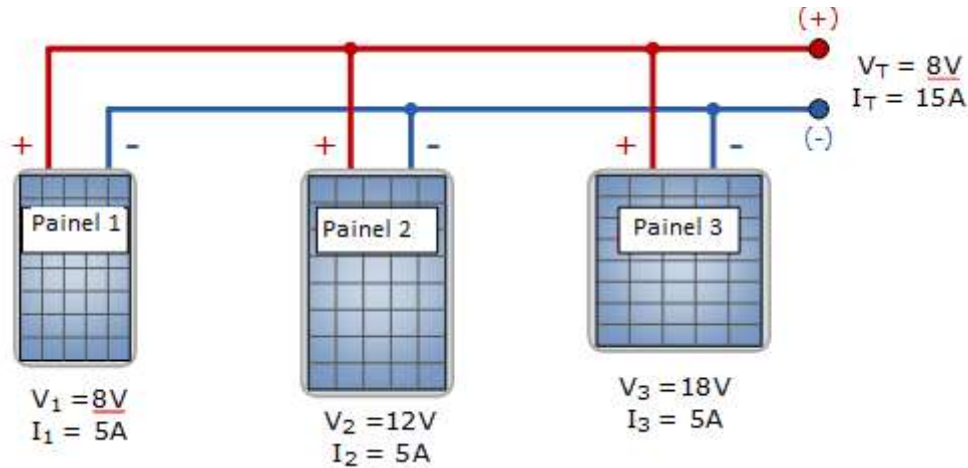


Figura 4.26 Módulos em paralelo de tensões diferentes (alternative-energy-tutorials(Parallel), s.d.)

Na realidade, a tensão total do circuito (V_T) irá ter um valor entre a tensão do módulo mais baixo e uma média das tensões de todos os módulos que façam parte do circuito em paralelo. Quando se trata de circuitos com módulos de baixa tensão esta incompatibilidade não será um problema, mas quando se combina módulos com uma discrepância de valores de tensão bastante elevada este sistema poderá causar uma perda significativa, visto que as tensões irão oscilar consoante a radiação que irá incidir nos módulos, sendo preferível evitar estas combinações. Neste caso, foi assumido que o pior caso seria o valor da tensão do módulo mais baixo.

4.9 Ranking Bloomberg

Com o forte investimento na energia fotovoltaica, o mercado fica cada vez mais competitivo devido ao aumento de fabricantes de módulos fotovoltaicos. De modo a serem mais seletivos na opção de compra a empresa BNEF (*Bloomberg New Energy Finance*) criou uma classificação de modo a auxiliar potenciais clientes na escolha do fabricante dos módulos.

A BNEF analisa os grandes projetos desenvolvidos na área de energia solar que foram financiados por instituições financeiras internacionais, assim como as informações do desempenho dos diversos fabricantes nesses projetos. O resultado é uma listagem anual dos melhores fabricantes em termos de reputação e capacidade.

Os módulos podem ser classificados em TIER 1, TIER 2 e TIER 3, em que cada nível possui um índice de exigência e, entre eles, existe um ranking. Cada nível de classificação sofre flutuações trimestrais. Os módulos são classificados tendo em conta os seguintes aspetos:

TIER 1

- Todo o processo de fabricação dos módulos é integrado nas fábricas das marcas, desde a produção da placa de silício até à montagem do módulo fotovoltaico.
- Investe fortemente em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).
- Deve possuir automação no processo de fabricação dos módulos, com pouca intervenção humana;
- Deve fabricar módulos à mais de 5 anos e ter feito projetos para financiamentos internacionais.

TIER 2

- Parte do processo de fabricação dos módulos é integrada nas fábricas das marcas;
- Possui pouca automação no processo de fabricação dos módulos;
- Deve fabricar módulos à mais de 2 anos e ter feito projetos para financiamentos internacionais.

TIER 3

- Empresa destina-se à montagem de módulos;
- Não investe em P & D (Pesquisa e Desenvolvimento);
- Não possui automação no processo de fabricação dos módulos;
- Os projetos realizados nunca foram financiados por instituições financeiras internacionais.

A lista mais atualizada é a correspondente ao primeiro trimestre de 2021 e contempla marcas como:

- LONGI;
- Jinko;
- JÁ Solar;
- Trina Solar;
- Canadian Solar;
- Ressuscitado;
- Qcells.

Este ranking pode não refletir a qualidade dos produtos fabricados pela marca, a BNEF tem em consideração o estado de saúde financeira da empresa que de um certo modo honram

A BNEF não tem em consideração os ensaios previstos em normas internacionais, tais como a durabilidade e a fiabilidade. Esta análise é realizada por uma empresa norueguesa (DNVGL) que qualifica e certifica fabricantes de módulos fotovoltaicos através de ensaios previstos em normas internacionais. Não sendo um requisito, é espectável que a maioria dos

fabricantes inseridos no Lote TIER 1 também façam parte do ranking da empresa DNVGL (Vendramell, s.d.) (review.solar, s.d.).

4.10 Inversores para sistemas fotovoltaicos

Os inversores fazem parte de um grande grupo de conversores estáticos, estes incluem muitos dos dispositivos mais atuais capazes de “converter” parâmetros elétricos de entrada, como tensão e frequência, de modo a produzir um sinal de saída compatível com os requisitos exigidos pelas cargas.

Estes equipamentos são fundamentais nos sistemas fotovoltaicos, têm a função de converter a corrente DC (Direct Current) produzida pelos módulos fotovoltaicos em AC (Alternating Current). A arquitetura e o design dos diferentes tipos de inversores mudam de acordo com cada aplicação específica, mesmo que o núcleo e sua finalidade seja o mesmo, converter corrente DC e AC

Num modo geral existem, dois principais tipos de inversores fotovoltaicos, inversores *on-grid* e os *off-grid*, que se distinguem consoante o tipo de instalação na qual vão ser instalados.

4.10.1 Inversor ligados à rede

O mais comum em sistemas residenciais e industriais são os sistemas com inversor *Grid-tied* principalmente por uma questão de custo benefício. A este tipo de inversores não é acoplado qualquer tipo de sistema de armazenamento de energia e estão conectados à rede pública de modo a serem auxiliados nas horas de menor produção. O facto de estar ligado à rede pública também tem a vantagem de que o excedente de energia produzida através do fotovoltaico pode ser injetado na rede e remunerado pelo kWh através de uma tarifa fixa.

Apesar de estes sistemas estarem ligados à rede elétrica, eles não são capazes de produzir energia elétrica quando existe uma falha da rede, o inversor necessita de ser alimentado pela rede que é o que lhe garante uma melhor estabilidade em relação à tensão. Também é importante ver que isto acontece por uma questão de segurança, se existisse uma falha da rede e o inversor estivesse a produzir e a injetar excedente na rede isto podia causar um elevado risco de segurança para os técnicos que fossem responsáveis pela intervenção. Existem opções que ajudam a contornar este problema, os sistemas com inversores híbridos com armazenamento de bateria são capazes de se tornarem independentes da rede por algum tempo com o auxílio de uma EPS (*Emergency Power Supply*) e continuar a fornecer energia às cargas definidas como prioritárias durante uma falha momentânea da rede pública (cleanenergyreviews, s.d.).

A Figura 4.27 representa um esquema de um sistema fotovoltaico *Grid-tie* sem armazenamento, após se iniciar a radiação este começa a produzir energia elétrica através dos módulos e envia-a até ao inversor, existindo tensão suficiente e corrente o inversor entra em funcionamento e começa a converter a corrente DC para corrente AC. À saída do inversor é onde se localiza um quadro fotovoltaico de proteções (QFAC) que possui na sua constituição

proteções dimensionadas de acordo com o sistema fotovoltaico, interruptores diferenciais, disjuntores, sinalizadores e descarregadores de sobretensão fazem parte de um conjunto de proteções escolhidas para a proteção do sistema e dos intervenientes. Após a passagem pelo QFAC a energia elétrica é distribuída pelas cargas. Quando a produção é superior ao consumo, existe um excesso de energia que pode ser direcionada para a rede, através do contador bidirecional, o sistema contabiliza a quantidade de energia que é injetada de modo a que o produtor seja remunerado por essa produção. Existe o caso em que o produtor pode não querer que isso aconteça, deste modo é instalado um *meeter* no quadro geral do cliente que irá fazer a leitura do consumo total da habitação e a compara com a produção do sistema fotovoltaico, sempre que a produção do sistema fotovoltaico for superior ao consumo o inversor vai fazer a limitação da produção para que esta acompanhe constantemente o consumo do cliente, deste modo a injeção de energia elétrica irá representar um valor muito próximo de zero.

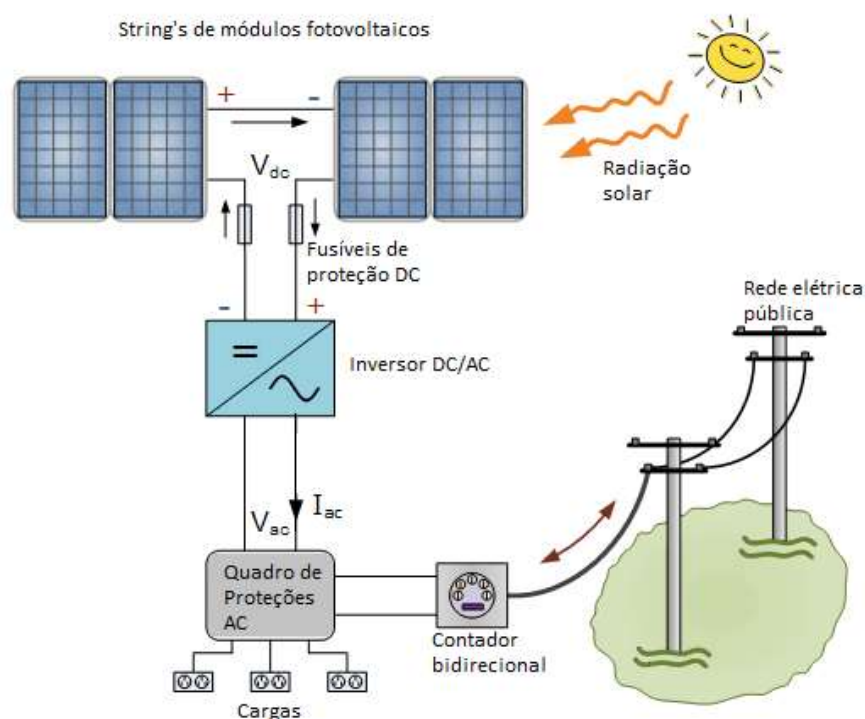


Figura 4.27 Sistema *Grid-tie* (electricalacademia, 2021)

4.10.2 Inversor ligados à rede com armazenamento

Como pode ser visto na Figura 4.28 o sistema fotovoltaico com inversor híbrido e sistema de armazenamento é muito semelhante ao sistema sem armazenamento (Figura 4.27). Para além dos equipamentos do sistema, este carece de um controlador de carga, este controlador tem a função de analisar a carga das baterias e definir se a energia produzida pelos módulos fotovoltaicos é necessária para consumir no momento ou se irá carregar as baterias para serem usadas posteriormente.

A corrente DC que é produzida pelos módulos e que sai do controlador de carga é enviada para o inversor, de modo a transformá-la em AC. Quando a eletricidade é produzida em excesso, para lá do que é exigido pelas cargas no momento, o excedente que não seja consumido ou usado pela casa é usado para recarregar as baterias, quando o controlador deteta que o sistema de armazenamento se encontra na sua carga máxima o excedente pode ser enviado

para a rede elétrica pública. Neste sistema é aconselhado fazer a ligação dos equipamentos alimentados com corrente contínua DC antes que a corrente seja convertida em AC através do inversor, isto irá refletir uma maior eficiência do sistema.

A vantagem de um sistema fotovoltaico conectado à rede com baterias de armazenamento é que em dias de grande produção e de baixos consumos o sistema armazena energia para que mais tarde seja possível usufruir dela. Só no caso de as baterias estarem descarregadas e o sistema fotovoltaico não conseguir satisfazer o consumo ou seja não existir potência disponível, é que as cargas são alimentadas pela rede (alternative energy , s.d.).

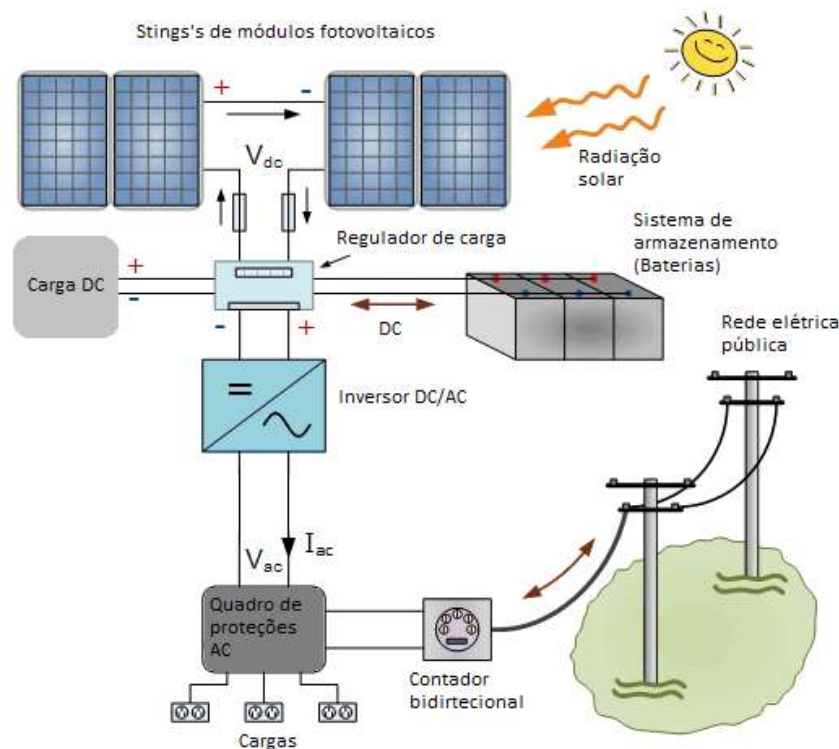


Figura 4.28 Sistema Grid-tie com armazenamento (electricalacademia, 2021)

4.10.3 Inversor não ligados à rede

Quando se trata de uma unidade de produção que não esteja conectada à rede (sistema *Off-grid*) é necessário que o sistema tenha na sua constituição algum tipo de armazenamento. O armazenamento é realizado através de baterias, que quando dimensionadas, têm que ser capazes de armazenar energia elétrica suficiente para que o consumo fora das horas de produção do fotovoltaico seja satisfeito. É necessário ter em consideração o consumo ao longo do ano inteiro, o sistema terá que produzir energia elétrica suficiente para que o consumo seja até nas piores alturas do ano na produção do fotovoltaico, geralmente na altura do inverno que é quando existe uma menor radiação.

O custo elevado da tecnologia usada neste tipo de sistemas, principalmente o inversor *Off-grid* e o sistema de armazenamento (baterias), reflete num investimento muito superior em relação aos sistemas *Grid-tie*. Apesar dos custos a nível dos sistemas de armazenamento de energia elétrica estarem a diminuir ainda está longe de agradar grande parte dos investidores

deste tipo de tecnologia, o que leva a que as pessoas optem por este tipo de sistemas em zonas mais remotas quando o pedido de ligação à rede tem um custo elevado ou para pequenos sistemas como bombagem de água.

Na Figura 4.29 está representado um pequeno esquema de como é constituído um sistema *Off-grid*, a base está na produção através dos módulos fotovoltaicos, que produzem corrente DC e a enviam para o inversor de modo a que a conversão seja feita e o consumo de energia seja satisfeito. A energia produzida é enviada para as baterias, a carga das baterias é analisada por um regulador de carga que tem como objetivo impedir a sobrecarga ou descargas profundas do sistema de armazenamento.

A estes sistemas é aconselhado acoplar também um gerador a diesel/biodiesel de modo a auxiliar o sistema fotovoltaico em dias de menor produção, neste caso o gerador irá entrar em serviço sempre que a produção do sistema fotovoltaico em conjunto com a quantidade de energia disponível no sistema de armazenamento for inferior ao consumo instantâneo. Ao acoplar um gerador é necessário que seja instalado um quadro de transição para que sempre que o gerador entre em serviço o sistema fotovoltaico seja automaticamente desligado, deste modo não existe o perigo das correntes reversas que podem danificar tanto o inversor como o gerador a diesel.

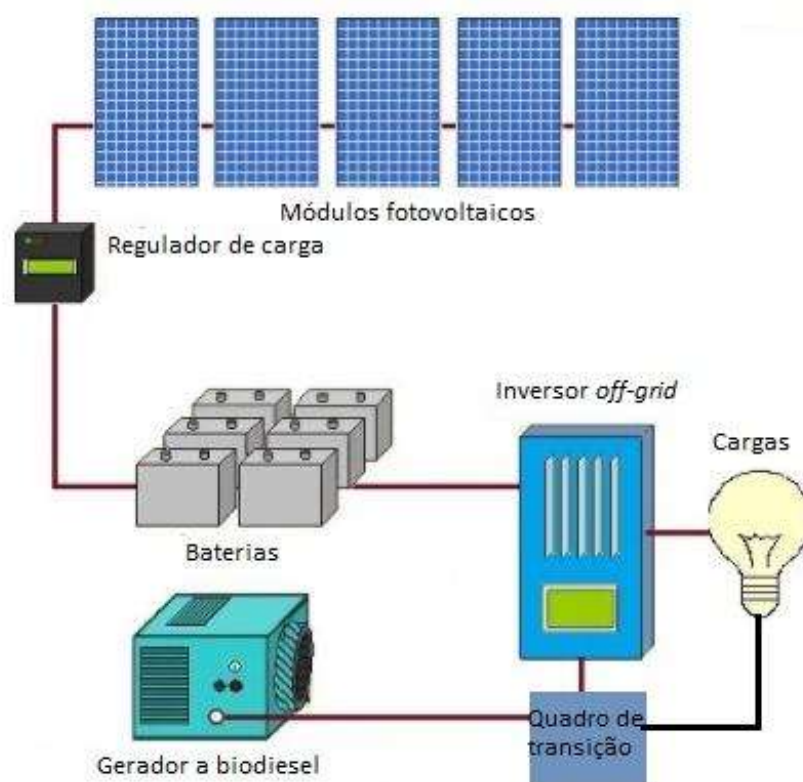


Figura 4.29 Sistema Off-grid (aliexpress, s.d.)

4.11 Baterias

Uma bateria conectada ao sistema fotovoltaico armazena energia elétrica para mais tarde ser consumida. As baterias utilizadas são muito específicas, muitas vezes são designadas de “baterias de ciclos profundos” devido à comparação com as baterias convencionais, estas baterias tem uma grande capacidade de armazenamento e são capazes de carregar e descarregar

grandes quantidades de energia. Estes sistemas fornecem grandes benefícios, a começar pelo facto de ser possível armazenar energia para poder consumi-la em períodos de maior consumo, ao armazenar energia elétrica está-se a poupar dinheiro pois o consumo desta energia vai ser feito nos períodos em que a tarifa é bastante superior à tarifa do período em que é armazenada.

Com o grande investimento que tem sido feito nos últimos anos a nível de baterias, o mercado tem vindo a oferecer alguma variedade para os sistemas fotovoltaicos. Neste momento as baterias de ião de lítio estão a tornar-se nas mais populares e mais comuns por diversas razões, apresentam um peso mais reduzido, necessitam de menos manutenção e apresentam uma maior eficiência, o que se traduz em ciclos de descarga mais completos e num tempo de vida útil mais extenso, em contrapartida estas baterias requerem um investimento maior devido ao seu preço e por necessitarem de um regulador de carga.

Ao longo do tempo a capacidade útil da bateria é afetada, ou seja, a idade da bateria, a temperatura operacional e a taxa de descarga vão diminuindo em relação ao valor indicado pelo fabricante. As baterias também perdem alguma energia durante o ciclo de carregamento\descarregamento e não é aconselhado que a bateria sofra uma descarga completa. Em climas com temperatura baixas as baterias devem ser protegidas para não atingirem temperaturas muito negativas, com a diminuição da temperatura a densidade do eletrólito aumenta, refletindo numa perda de rendimento. (Spiegel, s.d.)

Os ciclos indicam quantas vezes se pode carregar e descarregar uma bateria. Para saber o tempo de vida útil de uma bateria é necessário fazer a divisão do rendimento (expresso em kWh) pela capacidade útil da bateria, deste modo é possível estimar quantos ciclos completos se obterá da bateria e se dividir esse número de ciclos completos pelo número de dias no ano obterá o tempo útil de vida da bateria. Uma bateria que garanta uma produção de 20,000 kWh com uma capacidade de 10 kWh significa que irá fazer cerca de 2,000 ciclos, se esta bateria realizar um ciclo por dia significa que irá ter um tempo útil de vida de 5,5 anos (Energy Sage, 2021).

O sistema de armazenamento de energia elétrica é dimensionado tendo em conta as cargas a alimentar e o tempo de autonomia que o cliente desejar. Por norma em sistemas que não são conectados à rede o número de ciclos feito pelo sistema de armazenamento vai ser mais do que num sistema que estejam conectados à rede, o que leva a que haja necessidade de ter esse parâmetro em consideração.

As baterias a escolher para um sistema de armazenamento devem ser todas iguais, devem ter as mesmas características elétricas assim como o mesmo sistema de *firmware*.

As baterias podem ter diferentes formas de ser interligadas. Na Figura 4.30 está representado um sistema com baterias ligadas em paralelo. Este modo de ligação permite que aumentar a capacidade para o dobro mantendo sempre a tensão nominal. Observando o esquema em paralelo verificam-se duas baterias de 12 V e 200 Ah cada, o que representa uma capacidade total de 400 Ah de capacidade máxima de armazenamento. Isto significa que este sistema de armazenamento está preparado para fornecer 400 A numa hora, ou até mesmo 200 A em duas horas (mpptsolar, s.d.).

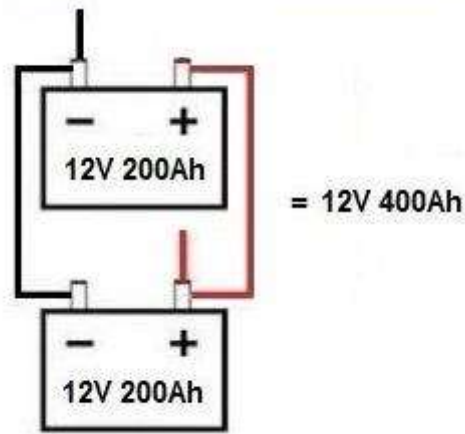


Figura 4.30 Ligação de baterias em paralelo (mpptsolar, s.d.)

Uma das ligações alternativas é a junção em série, que permite um aumento da tensão nominal. O esquema da Figura 4.31 é constituído por duas baterias de 12 V e 200 Ah cada e estas duas baterias conectadas em série resultam numa tensão de saída de 24 V e 200 Ah de capacidade. Em sistemas fotovoltaicos, quanto maior for a tensão das baterias menos perdas se tem no sistema através da cablagem.

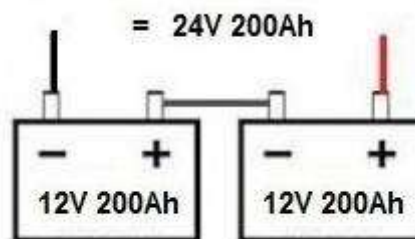


Figura 4.31 Ligação de baterias em série (mpptsolar, s.d.)

Ao utilizar a ligação representada na Figura 4.32 para constituir um sistema de baterias é possível aumentar a tensão nominal e a corrente. Temos dois grupos constituídos por duas baterias de 12 V e 200 Ah em série cada e ligados em paralelo entre si, isto representa um sistema com 24 V e 400 Ah

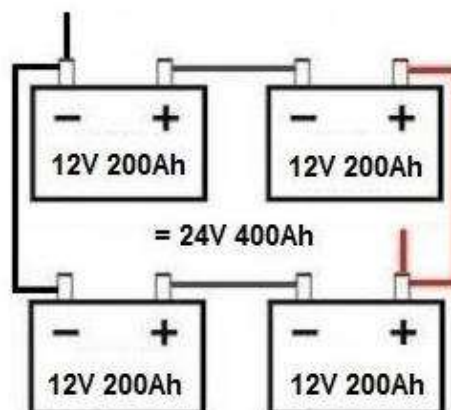


Figura 4.32 Ligação em série e paralelo de baterias (mpptsolar, s.d.)

4.12 Reguladores de carga

Para sistemas com armazenamento de energia, é importante instalar reguladores de carga, estes podem indicar o estado de carga das baterias. Esses medidores mostram a tensão, a corrente e a percentagem da carga total. O regulador desliga a corrente do circuito quando as baterias estão totalmente carregadas e a tensão está acima de um determinado valor definido previamente, geralmente cerca de 15 % acima da sua tensão nominal. Isto protege as baterias contra danos, permitindo que não sofram sobrecarregadas, se sofressem sobrecargas as baterias iriam passar a ter um tempo de vida útil mais reduzido. Para garantir um correto carregamento, o regulador é conhecedor do estado de carga (SoC) da bateria. Este estado de carga é estimado com base na tensão real da bateria.

Em dias em que a produção difere muito do consumo, a energia produzida pelo módulo fotovoltaico poderá não ser suficiente para manter a bateria totalmente carregada. Quando a tensão do terminal das baterias começa a cair abaixo de um certo valor, geralmente cerca de 15%, o regulador fecha o circuito para permitir que seja reposta a energia nas baterias.

Um parâmetro a ter em consideração na escolha do regulador de carga é a tensão, deverá possuir uma tensão compatível com a das baterias, mas também deve ser dimensionado para lidar com as condições de pico do sistema fotovoltaico ou das cargas elétricas que podem ser conectadas ao regulador

Hoje em dia existem diversos reguladores dotados de tecnologia de ponta como modulação por largura de pulso

Existem alguns controladores de carga muito sofisticados disponíveis hoje. Os controladores de carga avançados usam PWM (*pulse-width modulation*). A modulação PWM é um processo que garante um carregamento eficiente e uma vida útil da bateria mais extensa.

No entanto, os controladores mais avançados e caros usam MPPT (*Maximum Power Point Tracking*). A tecnologia MPPT maximiza os reguladores e reduz a tensão de saída, permitindo que haja uma fácil adaptação às diferentes combinações de ligação das baterias como 12 V, 24 V, 48 V. A maioria dos reguladores incluem interfaces de modo a melhorar o controlo dos utilizadores (alternative-energy-tutorials, s.d.).

5. Legislação Portuguesa para sistemas fotovoltaicos

O primeiro Decreto-Lei a vigorar em Portugal focado na produção do fotovoltaico foi o Decreto-Lei 363/2007. Este Decreto-Lei focava-se na produção descentralizada em regime especial, designado por microprodução de eletricidade em baixa tensão com possibilidade de injetar energia elétrica na RESP ou a entregar a terceiros. Esta injeção na rede publica impunha um limite de 150 kW de potência. A remuneração desta produção baseava-se numa *Feed in Tariff* (FIT), resumidamente tratava-se de uma tarifa subsidiada que rondava os 650 €/MW

Em 2011 é publicado o Decreto-Lei n.º 34/2011 que permitia que fosse possível ter um sistema com cerca de 250 kWn. A remuneração baseava-se no mesmo método do Decreto-lei de 2007 e a tarifa rondava os 250 €/MWh.

Passado 3 anos, em outubro de 2014 é publicado um Decreto-Lei que mudava por completo o conceito anteriormente publicado, o Decreto-Lei 153/2014 ditava que os proprietários de instalações podiam ser produtores e consumidores da energia produzida através das instalações fotovoltaicas, isto trazia taxas de rentabilização mais altas e um *payback* mais baixo, pois o produtor podia consumir a energia produzida e poupar na compra dessa mesma energia elétrica. Também estabelece o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade em que a totalidade é vendida à RESP (Rede Elétrica de Serviço Público), através de instalações de pequena potência, a partir de recursos renováveis, adiante designadas por Unidades de Pequena Produção (UPP)

A 1 de janeiro de 2020 entra em vigor o Decreto-Lei 162/2019, que vem revolucionar o autoconsumo a nível individual, coletivo e por comunidades de energia renovável (CER). Até à data o autoconsumo individual era a única forma permitida por lei, no entanto a aprovação do Decreto veio vai permitir que os consumidores se agrupem autoconsumos individuais podendo partilhar a mesma unidade de produção de energia. Resumidamente será possível a criação de uma UPAC constituída por vários sócios em que será possível definir percentualmente a quantidade de energia que cada um poderá autoconsumir/vender.

Com a constante atualização dos Decretos-Lei direcionados para a produção e o autoconsumo da energia elétrica, é desejável que haja uma maior eficiência do ponto de vista energético e ambiental, por outro lado também é desejável que as oportunidades da transição energética como os custos do sistema elétrico nacional sejam partilhados por todos de uma forma justa (APESF, 2021).

5.1 Unidades de Pequena Produção (UPP)

O sistema UPP que vigora através da regularização do Decreto-Lei 153/2014 obriga a um pequeno registo na plataforma SRIESP da DGEG, sendo que agregado a este registo é necessário haver uma inspeção à instalação de modo a verificar toda a instalação antes da ligação à RESP.

Toda produção realizada através de uma UPP é injetada na RESP e remunerada através de uma tarifa com base num modelo de licitação em que os concorrentes oferecem descontos

em relação à tarifa base. As tarifas base sofrem alterações anualmente, sendo que esta alteração também difere consoante a categoria da UPP. As UPP's são divididas em 3 categorias:

- Categoria I –consiste apenas num produtor que pretende proceder apenas à instalação de uma UPP e a venda da energia produzida.
- Categoria II –para além do produtor possuir a instalação de uma UPP, pretende instalar no local de consumo uma tomada elétrica para o carregamento de veículos elétricos.
- Categoria III – na qual se insere o produtor que, para além da instalação de uma UPP, pretende instalar no local de consumo coletores solares térmicos com um mínimo de 2 m² de área útil de coletor ou de caldeira a biomassa com produção anual de energia térmica equivalente

Após o leilão encerrado as tarifas de remuneração atribuídas vigoram por um período de 15 anos desde a data de início de fornecimento de energia elétrica à RESP.

As UPP's são limitadas a nível de potência instalada, estas só podem possuir uma potência instalada igual ou inferior à potência contratada, atingido até um teto máximo de 250 kWn. A nível de controlo da injeção na RESP, estas instalações estão equipadas com sistemas de telecontagem (contador de produção) que ajudam a perceber a produção e injeção da Energia elétrica na rede pública (ambiente, 2021).

5.2 Autoconsumo coletivo e Comunidades de energia

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei 162/2019 foram introduzidos regimes especiais, tais como o autoconsumo coletivo e as comunidades de energia. Esta nova diretiva veio permitir que fosse possível associar um sistema fotovoltaico a mais do que um ponto de consumo, levando assim a fazer o aproveitamento do efeito de escala para sistemas de maior dimensão alcançando economias de escala que em sistemas de menor dimensão não seria possível.

Até 1 de Janeiro apenas era permitido o autoconsumo, mas com o novo Decreto-Lei os produtores conseguem estabelecer com vizinhos, ou seja, instalações que não estejam a grandes distâncias, uma comunidade de energia ou um autoconsumo coletivo. O conceito de distância para estes sistemas ainda é um pouco vago, visto o legislador não ter sido específico neste ponto, desde que o projeto seja tecnicamente viável e que o licenciamento possível, nada se irá opor à realização do mesmo. Assim, grupos de instalações consumidoras podem organizar-se e estabelecerem percentagens para o consumo, produção ou até mesmo armazenamento.

A diferença entre as comunidades de energia e o autoconsumo coletivo apenas se distingue pela organização.

Na comunidade de energia os autoconsumidores organizam-se criando a entidade de energia onde outras comunidades podem participar.

No autoconsumo coletivo os participantes organizam-se e regulam-se por um regulamento que é criado internamente, de forma a estipularem a participação de cada. É necessário um técnico que seja responsável pela instalação e pela gestão do autoconsumo (Rodrigo Amaral e Silva, 2022).

5.3 Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC)

A Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) permite produzir a própria energia e contribuir diretamente para a redução dos custos energéticos da instalação. Nestes casos a potência de ligação terá de ser inferior ou igual à potência contratada na instalação de consumo.

Cada potencial produtor poderá instalar uma UPAC por cada CPE (Código Ponto de Entrega) atribuído ao seu NIF (Número de Identificação Fiscal), sendo que a unidade de produção será instalada em cada local de consumo.

O produtor poderá celebrar um contrato de venda de excedente, desta forma será remunerado pela produção de energia que será injetada na rede. O contrato entre o produtor e a comercializadora tem um prazo máximo de 10 anos, renováveis por períodos de 5 anos. As UPAC's com potência instalada superior a 30 kWp, estejam elas ligadas à RESP ou não, estão sujeitas ao pagamento de taxas nos termos da Portaria n.º 16/2020, de 23 de janeiro. Em instalações com potências instaladas acima de 4 kWp é necessário que haja a instalação de um contador de produção para a telecontagem de energia elétrica produzida.

Para certificar a instalação, é necessário que seja feito o registo no portal da plataforma SRIESP (Figura 5.1). Este portal entrou em funcionamento a 1 de janeiro de 2020 e rege-se pelo despacho DGEG 46/2019. Os registos das instalações são realizados através das credenciais de acesso do técnico responsável, para isso o técnico tem que se registar através da plataforma. Ao entrar com as credenciais de acesso do técnico é possível criar uma nova entidade, associando o CPE da nova instalação e o NIF à qual está associado esse mesmo CPE, em caso de se tratar de uma instalação em ambiente empresarial é necessário inserir o CAE (Classificação das Atividades Economicas) da empresa. Os restantes campos são preenchidos automaticamente. Após este passo é enviado um e-mail para confirmação das credenciais de acesso que irão ser atribuídas à nova MCP/UPAC.

Registo de nova entidade

CPE: * PT0002000073672665YB NIPC: * 503121037 Valide o captcha: 1 7 1 b h 4 C captcha Verificar

Cod. certidão permanente: CAE principal: * CAE secundário:

Denominação social: * Telemóvel: * Email: *

Sede/Escritório: * Código Postal: *

A mesma morada para faturação: ☒

☐ Autorizo a DGEG a proceder ao tratamento dos meus dados pessoais, no âmbito e para efeitos do procedimento de registo e análise dos pedidos pelo Operador de Rede, nos termos e para efeitos do disposto nos arts.º 27.º-B, 27.º-C e 27.º-D do Dec.-Lei n.º 172/2006, de 23 de agosto, alterado e republicado pelo Dec.-Lei n.º 76/2019, de 3 de junho, e dos procedimentos aplicáveis.

Gravar Página Principal

Figura 5.1 Registo de nova entidade

Após a confirmação das credenciais é feito o registo da instalação preenchendo o formulário que consta na Figura 5.2, quantidades, nº de série dos equipamentos, tipo de

tecnologias e CPE's são informações essenciais ao registo. É necessário também anexar um esquema unifilar da instalação (Anexo 3) e um termo de responsabilidade (Anexo 4), assinado pelo técnico responsável e pela entidade responsável pela instalação (gerência). O esquema unifilar detalha os equipamentos instalados e como está feita a ligação entre ambos. O termo de responsabilidade contém os dados da empresa instaladora, o número de alvará, o número de identificação do técnico responsável de obra e as características elétricas da unidade de produção.

Em instalações de MCP (Mera Comunicação Prévia), a potência instalada é inferior a 30 kWp. Quando se trata de MCP superiores a 4 kWp, como o Anexo 3 demonstra, mesmo que não haja intenção de fazer a venda do excedente, o Decreto-Lei 162/2019 exige que seja feita a instalação de um contador de produção (Anexo 5).

Figura 5.2 Registo nova MCP

Quando se trata de instalações com potências instaladas superiores a 30 kWp o processo varia um pouco, ao fazer o registo é apenas solicitado a potência instalada e de ligação (Figura 5.3). Após esse registo feito os dados ficam em análise por parte da DGEG. Enquanto o produtor aguarda por essa análise a DGEG emite uma taxa de pagamento, chamada de taxa de registo, que deve ser efetuada no prazo que é exigido pela mesma. Sem o pagamento desta taxa o processo não pode avançar.

The screenshot shows the 'Alteração de UPAC' form. Key fields include:

- Registo:** Data/Hora, Estado (registo).
- Demonstração social:** NIF/NIPC, CPE, Verificar.
- Operador de rede:** EDP DISTRIBUIÇÃO - ENERGIA, S.A.
- Código Postal:** 1000-001.
- Pessoa contacto:** Telemóvel, Ficheiro upload.
- Contratante DGE:** Contratação pública, Sistema avaliação, Injeção energia na rede.
- Potência instalada:** 43.92 kW.
- Potência contratada:** 74.40 kW.
- Potência certificada:** 100.00 kW.
- Tensão de alimentação:** 15000.00 V.
- Tensão de contagem:** 400 V.
- Potência de ligação:** 40.00 kW.
- Tipologia:** Fotovoltaica.
- Botões:** Altera, Página Principal.

Figura 5.3 Registo de nova UPAC > 30 kWp

Após a DGEG dar o seu parecer, a entidade instaladora pode realizar o pedido de inspeção, é neste momento que são solicitados todos os equipamentos e os respetivos nº de séries. Nestas instalações é exigido, para além do esquema unifilar e do termo de responsabilidade, um projeto eletrotécnico e um seguro de responsabilidade civil. O projeto eletrotécnico deverá conter informação detalhada acerca dos equipamentos instalados, das proteções AC\DC, assim como as *strings* e a cablagem, com especial atenção para a parte AC. Na Tabela 5.1 estão fixadas as taxas a pagar consoante a potência instalada.

Após a submissão da documentação o pedido de inspeção está oficializado.

Existem dois caminhos possíveis pela qual a entidade instaladora pode optar, um deles é escolher uma entidade externa para fazer a inspeção da instalação, outra é optar pela entidade da DGEG, que consoante a localização geográfica poderá ser DIEC (Divisão das Instalações Elétricas do Centro), DIEN (Divisão das Instalações Elétricas do Norte), DIECS-Ale (Divisão das Instalações Elétricas e Combustíveis do Sul-Alentejo), DIECS-Alg (Divisão das Instalações Elétricas e Combustíveis do Sul-Algarve). Após ser realizada a inspeção e o parecer da entidade inspetora for positivo é emitido um certificado de exploração ao produtor (Anexo 6).

Tabela 5.1 taxas de pagamento de registo de UPAC'S (enat, s.d.)

Procedimento	Potência (kW)	Registo de UPAC com injeção na RESP	Registo de UPAC sem injeção na RESP
Apreciação do pedido de registo	≤ 30 kW	Isento	Isento
	> 30 kW e ≤ 100 kW	200 €	140 €
	> 100 kW e ≤ 250 kW	400 €	240 €
	> 250 kW e ≤ 1000 kW	600 €	400 €
Apreciação do pedido de certificado de exploração com inspeção DGEG	> 30 kW e ≤ 250 kW	240 €	240 €
	> 250 kW e ≤ 1000 kW	360 €	360 €

Com o aumento do consumo de energia elétrica, por vezes as unidades de produção deixam de satisfazer as necessidades energéticas para a qual foram dimensionadas. Após a

instalação e a certificação das unidades de produção, existe a possibilidade de ser pedir um averbamento de potência, para isso é necessário preencher o Anexo 7, indicando a potência instalada, a potência de ligação à RESP e todos os equipamentos intervenientes a este aumento de potência da unidade de produção.

6. – Projetos executados

Ao longo do estágio foram realizados alguns projetos/estudos de sistemas fotovoltaicos, focados nas necessidades e exigências dos clientes. Este capítulo retrata de uma forma sucinta alguns desses projetos.

O primeiro projeto a analisar neste capítulo é a UPAC referente à empresa Bairrimoldes, Lda: É um projeto com uma potência de 60 kWn e que apresenta na sua constituição uma estrutura *carpark*.

O outro projeto é referente à empresa Cartonagem Trindade, S.A, que apresenta algumas curiosidades. Foram feitos vários estudos de estruturas de modo a apresentar várias soluções com rendimentos distintos, isto levou a que o cliente tivesse uma melhor perceção em relação ao sistema apresentado. Este projeto representa uma potência de ligação à RESP de 330 kWn e uma potência de pico de 403,620 kW.

6.1 Projeto fotovoltaico- Bairrimoldes Indústria de moldes e cunhos

Este projeto baseia-se na projeção de um sistema de autoconsumo instantâneo para o edifício da empresa Bairrimoldes, Lda, a empresa situa-se em Famalicão, no distrito de Aveiro e atua como fabricante de moldes e cunhos cortantes.

Na Figura 6.1 está representada a fachada da empresa para a qual foi efetuado este projeto.



Figura 6.1 Fachada da empresa Bairrimoldes.

O processo iniciou-se com uma abordagem ao cliente da parte do departamento comercial. Nessa abordagem é feito um levantamento de modo a reunir toda a informação acerca do edifício. Identificar o tipo de estrutura e cobertura do telhado, o melhor local para instalar a zona técnica, assim como, o local de injeção da energia proveniente do sistema fotovoltaico, são aspetos a recolher pela equipa comercial e que o projetista terá que ter em consideração no decorrer do dimensionamento.

Para um bom dimensionamento de um sistema fotovoltaico é essencial fazer a análise dos consumos da instalação, deste modo fica-se a conhecer o perfil de consumo, o que irá levar a

uma escolha mais assertiva do valor da potência a instalar. Para além disto é muito importante fazer uma análise detalhada às faturas de eletricidade.

Foi feita uma análise às faturas da Bairrimoldes que possui um contrato de compra de energia elétrica de Média Tensão com uma potência contratada de 186 kVA e um ciclo diário tetra-horário. É necessário ter em consideração a potência contratada visto que a potência nominal do sistema fotovoltaico não pode ultrapassar esse valor.

Na Figura 6.2 está representado o diagrama de cargas da empresa Bairrimoldes relativo ao ano 2021.

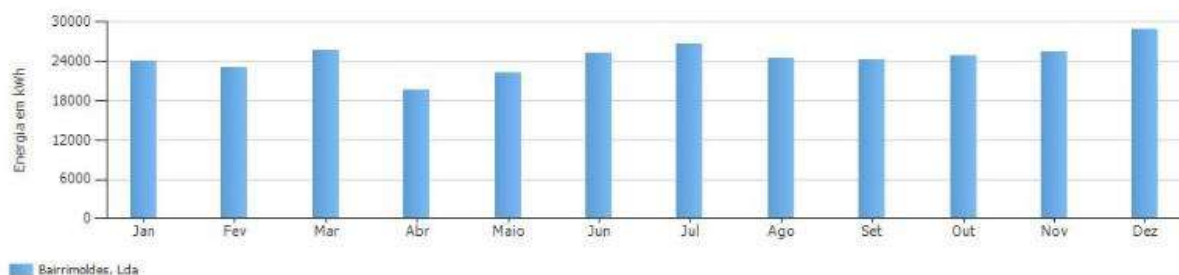


Figura 6.2 Diagrama de cargas da empresa Bairrimoldes, Lda.

O portal da E-redes permite-nos fazer a recolha de dados e a análise dos consumos através de diagramas de carga que incluem a leituras de 15 em 15 minutos.

Foi possível verificar que a instalação tem consumos na ordem dos 60 kW chegando a ter picos de 70 kW, também é de realçar que a instalação tem quebras de consumo, isto deve-se à instalação ter pausas semanais na produção, mais propriamente ao fim de semana e de ter um horário de trabalho das 8h até às 17h. O consumo apresenta uma linha de grande instabilidade, tratando-se de uma indústria em que o ligar \desligar de motores é muito frequente (Figura 6.3).

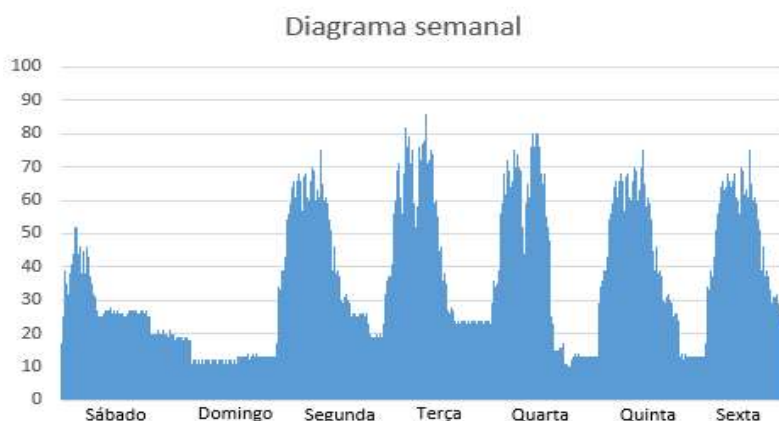


Figura 6.3 Diagrama semanal

Ao analisarmos algumas das faturas que foram disponibilizadas pelo cliente, verificamos que a instalação no ano de 2021 teve um consumo anual a rondar os 294060 kWh.

Com base no consumo da instalação optamos por um sistema de autoconsumo com uma potência de pico de 57kWp e uma potência nominal de 60 kWn, o inversor está sobredimensionado em relação à potência de pico de forma a ficar preparado para um futuro

aumento de potência instalada da UPAC. Com este inversor o cliente já tem o sistema preparado para fazer um incremento que poderá chegar aos 78kWp, valor este que representa um sobredimensionamento de 20% em relação à potência nominal.

6.1.1 Módulos a instalar

Em relação à potência instalada, esta é constituída por 152 módulos fotovoltaicos da marca *Longi LR4-60HIH* com uma potência individual de 375 W (Anexo 9) totalizando uma potência instalada de 57 kWp. É de realçar que esta instalação inclui uma estrutura carpark que tem na sua cobertura 18 módulos, o que fez com que fossem colocados 134 módulos na cobertura de sandwich do edifício com orientação nascente/poente.

Deve-se sempre ter em consideração que a produção através dos módulos fotovoltaicos vai estar sempre abaixo do espetável, devido a vários fatores já referidos anteriormente e à sua eficiência, por isso o sobredimensionamento de um sistema é importante de modo a fazer com que haja produção suficiente para compensar o consumo da instalação, por norma é considerado 20-25 % acima da potência nominal.

É feita uma análise à cobertura através do *google earth pro* onde é possível verificar a melhor zona para fazer a implantação, excluindo à partida as coberturas que menos favorecerem a produção do sistema fotovoltaico, tais como coberturas com orientação para Norte, coberturas que sejam afetadas por sombras através de outros edifícios, chaminés ou até mesmo máquinas de climatização.

Após essa análise e sempre que for disponibilizado pelo cliente a planta do edifício com cotas, é feita uma implantação em 2D através do software *ZWCad*, o que permite fazer uma verificação mais pormenorizada dos módulos na cobertura.

No Figura 6.4 está representada a implantação 2D do sistema fotovoltaico na cobertura do edifício da Bairrimoldes.

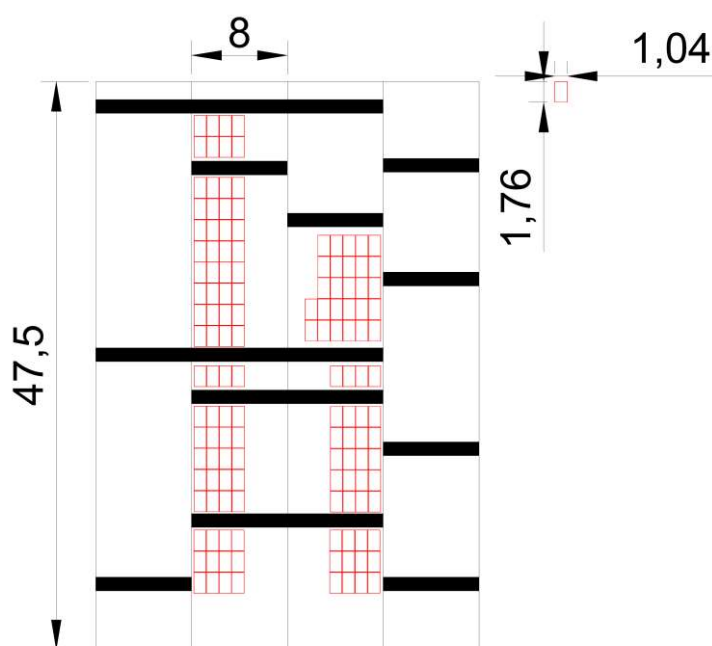


Figura 6.4 Projeção 2D Autocad

6.1.2 Inversor a instalar

Para a empresa em questão, foi proposto um inversor *Huawei SUN2000-60KTL* de 60 kWn (Anexo 8), este inversor apresenta características que o distingue de outros, a razão da escolha recaiu sobre a marca e o bom nome que esta representa no mercado do setor fotovoltaico assim como o facto de possuir 6 entradas MPPT's (Maximum Power Point Tracking) que dão a possibilidade de fazer várias combinações de *strings*. O inversor é proposto tendo em consideração um aumento de consumo no futuro e uma possível ampliação da potência instalada do sistema fotovoltaico.

Neste caso a potência nominal encontra-se um pouco acima da potência instalada por uma questão de assegurar um futuro incremento do sistema fotovoltaico e diminuir o custo de investimento nessa altura.

Toda a monitorização da instalação poderá ser consultada através do sistema de monitorização Fusion Solar. Através da internet, será possível aceder à produção e fazer a verificação periódica de todo o comportamento do sistema (Anexo 20).

6.1.3 Configuração das Strings

Na Tabela 6.1, são apresentadas as características elétricas dos módulos e do inversor. As características elétricas dos módulos são referentes às condições ideais ou STC (*Standard Testing Conditions*), estes valores são apresentados tendo em consideração uma irradiação de 1kW/m^2 e uma temperatura ambiente de 25°C .

Tabela 6.1 Características elétricas dos módulos e inversor

Características elétricas	Módulos Fotovoltaicos Longi LR4-60 HIH 375W(STC)	Características elétricas	Inversor Huawei SUN2000-60KTL 60kWn
Potência máxima (Pmax/W)	375 W	Tensão máxima de entrada (V)	1100 V
Tensão em circuito aberto (Voc/V)	41,1 V	Corrente máxima por MPPT (A)	22 A
Tensão máxima (Vmp/V)	34,6 V	Corrente máxima de curto-circuito por MPPT (A)	30 A
Corrente máxima (Imp/A)	10,84 A	Tensão mínima de funcionamento (V)	200 V
Eficiência (%)	20,6 %	Tensão de funcionamento do MPPT(V)	200-1000
		Eficiência ETA (%)	98,5%

Para realizar a configuração das *strings* é necessário ter em consideração a tensão mínima (V_{min}) e tensão máxima (V_{max}). A tensão oscila conforme a temperatura do módulo, quanto

maior a temperatura menor irá ser a tensão fornecida pelo módulo. A tensão mínima do módulo é atingida quando este funciona em condições de temperaturas elevadas, aqui é considerado a temperatura de 70° C como referência. Através da equação 6.1 obtém-se a tensão mínima a 70°C.

$$V_{\min(70^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{(70^{\circ}C - 25^{\circ}C) * Voc(\%)}{100}\right) * V_{mp} \Leftrightarrow$$

$$V_{\min(70^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{(70 - 25) * (-0,27)}{100}\right) * 34,6 \Leftrightarrow V_{\min(70^{\circ}C)} = 38,80 \text{ V} \quad (6.1)$$

Conhecendo o valor da tensão mínima calculada, é possível fazer a divisão da tensão mínima de arranque do inversor pela tensão mínima do módulo. Esta divisão vai resultar no valor mínimo de módulos a aplicar por *string*.

O número mínimo de módulos em série numa *string* ($N_{\min}$) é determinado através da equação 6.2. Analisando os dados apresentados na, Tabela 6.1, pode-se verificar que a tensão mínima de arranque do inversor é de 200 V.

$$N_{\min} = \frac{V_{\min,func.inver.}}{V_{\min(70^{\circ}C)}} \Leftrightarrow N_{\min} = \frac{200}{38,80} \Leftrightarrow N_{\min} = 6 \text{ módulos} \quad (6.2)$$

Conhecendo o valor mínimo de módulos por *string* é necessário calcular o número máximo de módulos por *string*. Para isso é necessário calcular o valor máximo da tensão que o módulo poderá atingir (V_{oc}). A tensão de circuito aberto é atingida em baixas temperaturas, considerando a temperatura de -10°C, vamos ter que fazer a diferença entre os +25°C, pois os valores de STC presentes no *datasheet* são para temperatura de 25°C.

Esse cálculo é representado pela equação 6.3.

$$V_{oc(-10^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{(-10^{\circ}C - 25^{\circ}C) * Voc(\%)}{100}\right) * V_{oc(STC)} \Leftrightarrow$$

$$V_{oc(-10^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{(35) * (-0,27)}{100}\right) * 41,1 \Leftrightarrow V_{oc(-10^{\circ}C)} = 44,95 \text{ V} \quad (6.3)$$

Após esta etapa, pode-se calcular o número máximo de módulos que a *string* poderá ter. O número máximo de módulos em série numa *string* ($N_{\max}$) é calculado através da equação 6.4. Na Tabela 6.2, é possível verificar que a tensão máxima do inversor é de 1100 V.

$$N_{\max} = \frac{V_{\max,func.inver.}}{V_{oc(-10^{\circ}C)}} \Leftrightarrow N_{\max} = \frac{1100}{44,95} \Leftrightarrow N_{\max} = 24 \text{ módulos} \quad (6.4)$$

Com 24 módulos não existirá problemas para o inversor, pois este suporta até 22 A por MPPT e neste caso o MPPT só irá receber 11,60 A

Após todos os cálculos relativos ao número de módulo por *string*, é necessário verificar a quantidade de *strings* em paralelo por MPPT.

Para isso é necessário fazer o quociente entre a corrente máxima do inversor ($I_{\max.mppt}$) e a corrente máxima da *string* ($I_{\max.string}$), equação 6.5.

$$N_{string\ paralelo} = \frac{I_{max.mppt.}}{I_{string}} \Leftrightarrow N_{string\ paralelo} = \frac{22}{10,84} \Leftrightarrow N_{string\ paralelo} = 2 \quad (6.5)$$

Na Tabela 6.2 está representada a configuração que foi selecionada para esta instalação. Neste caso existiu a necessidade de isolar uma *string*, trata-se da *string* 8 que pertence ao *carpark*. O *carpark* irá ter uma orientação a sul o que exige que não seja combinado com outras *strings* com orientações diferentes.

Tabela 6.2 Strings do inversor de 60k Wn

Inversor Huawei 60KTL	Strings	MPPT	
	19	Y1 (S1 e S2)	Cobertura com orientação a nascente
	19		
	19	Y2 (S3 e S4)	
	19		
	19	Y3 (S5 e S6)	Cobertura com orientação a poente
	19		
	20	S7	
	18	S8	Carpark orientação a Sul
Total	152	5 MPPT	

6.1.4 Projeção com auxílio *PvSol Premium*

Com recurso a um *software* (*PvSol Premium*) foi realizado um estudo pormenorizado que inclui uma projeção 3D do edifício com o sistema fotovoltaico proposto e o perfil de consumo do cliente.

Na Figura 6.5, são apresentados os primeiros campos a preencher, nome do técnico, nome a quem se destina o projeto, morada e logotipo, estes são alguns dos dados considerados de preenchimento obrigatório para a equipa *Sunenergy*.

Dados do projeto

Número da proposta: REV02

Responsável: Paulino Oliveira

Dados do cliente

Número de cliente:

Contato:

Empresa: Bairrimoldes, LDA - Fábrica de Moldes Cunhos e Cortantes

Telefone:

Fax:

E-mail:

Endereço: Variante à N235, 3780-294 Anadia

Início da operação: 20-04-2021

Nome do projeto: Bairrimoldes, LDA - Fábrica de Moldes Cunhos e Cortantes

Imagem do projeto:

Carregar Apagar

Imagens adicionais

Descrição do projeto: Sistema de Autoconsumo Instantâneo

Endereço da instalação: Variante à N235, 3780-294 Anadia

Figura 6.5 Dados do projeto (PvSol)

O próximo passo, consiste em seleccionar o tipo de sistema que se pretende simular (Figura 6.6). Este *software* possibilita-nos simular vários sistemas conectados à rede ou não e com a vantagem de podermos adicionar cargas. Nesta mesma página é adicionada a localização geográfica para que esta esteja de acordo com os dados climáticos da região em questão. O *software* dispõe de uma extensa base de dados que nos possibilita realizar simulações para qualquer parte do mundo.

Tipo de sistema, clima e rede

Tipo de sistema: 3D, Sistema fV conectado à rede com consumo

Tipo de modelagem: ☒ Modelar sistema em 3D

Intervalo da simulação: ☒ 1 hora (simulação mais rápida) ☐ 1 minuto (simulação mais precisa)

Dados climáticos:

País: Portugal Local: Idades LDA (1991-2010, Meteonorm 7.3.0)

Latitude: 40° 27' 36" (40,46°) Soma anual da irradiação global: 1633 kWh/m²

Longitude: -8° 26' 50" (-8,45°)

Fuso horário: UTC-0 Média anual da temperatura: 15,2 °C

Período: 1991 - 2010

Fonte: Meteonorm 7.3.0

Rede c.a.:

Tensão (V~): 230 V

Quantidade de fases: 3-fásico

cos φ: 1

Limitação da potência de injeção: Não

[Parâmetros da simulação](#)

Figura 6.6 Tipo de sistema e localização

Na Figura 6.7, é adicionada informação relacionada com o diagrama de cargas com leituras de 15 em 15 minutos que foi previamente extraído do portal da E-redes. De seguida é seleccionado o ano a que se refere o diagrama e o número de dias respetivos a esse mesmo ano. Consoante o ano seleccionado o programa calcula o número de valores que deveria conter o diagrama de carga. Se o diagrama de cargas corresponder a um ano bissexto é de esperar que o número total de valores seja 35136, se for um ano comum o total de valores será de 35040.

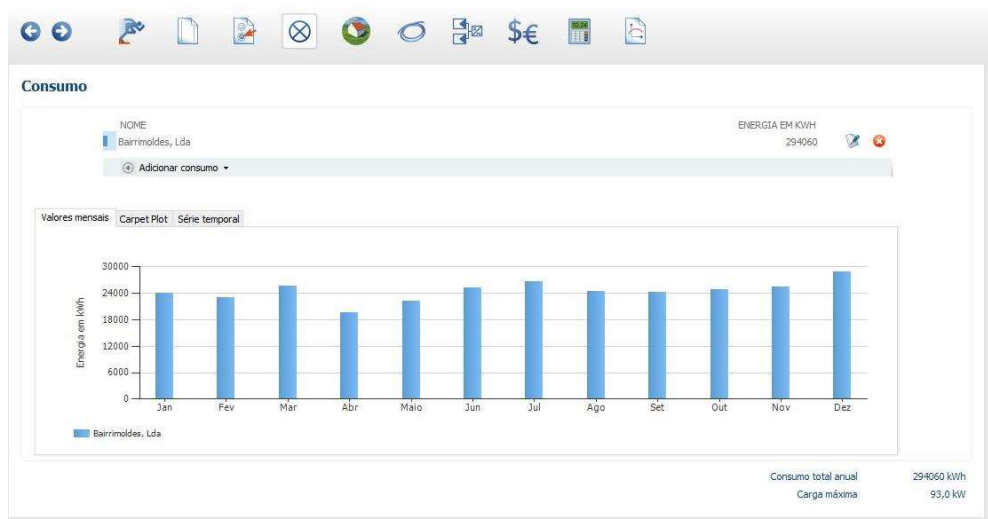


Figura 6.7 Consumo da instalação

Realizados estes passos, chega a etapa da projeção 3D do edifício. Aqui começa-se por dimensionar o edifício com o máximo de rigor possível e em seguida é feita a extrusão, colocando a altura do mesmo e o número de águas. Ao colocar o número de águas é necessário indicar o grau de inclinação que as águas do edifício têm, este valor é baseado nos dados recolhidos no levantamento realizado. Quando não há referências em relação à cobertura do edifício usamos um valor *standard*, entre 10° a 15° de inclinação com a orientação mais favorável ao solstício. Neste caso poderia-se optar por uma estrutura triangular de forma a orientar os módulos a sul mas por uma questão de custo benefício optou-se por colocar como se representa na Figura 6.8 Após o edifício estar representado, é feito o incremento de elementos adicionais, tais como platibandas, chaminés ou outro tipo de objetos que possam vir a causar sombreamento sobre os módulos.

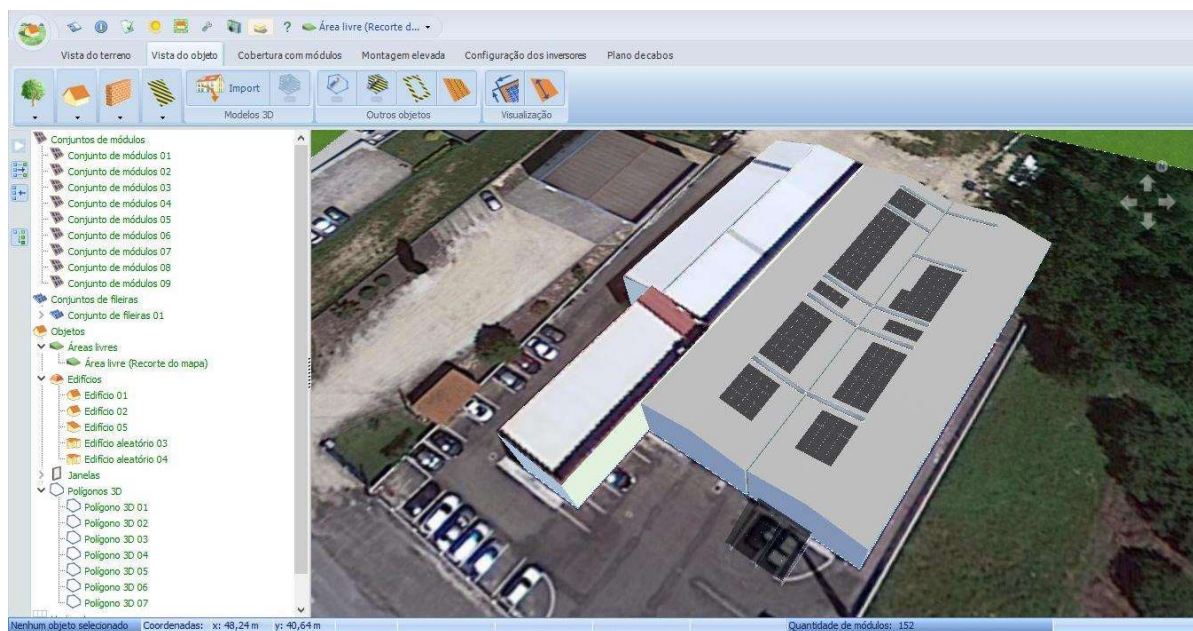


Figura 6.8 Projeto do edifício em 3D

Após o dimensionamento é necessário realizar a configuração das *strings* e para isso é muito importante ter em consideração os valores de tensões e correntes, tanto do inversor (Anexo 8) como dos módulos utilizados (Anexo 9).

Após toda a verificação da configuração do sistema é necessário inserir os valores de tarifa de compra e de venda de energia elétrica. Estes dados são essenciais para que seja feita uma análise financeira e obter os prazos de *payback*.

A tarifa de consumo é inserida com base nas faturas mais atuais fornecidas pelo cliente em questão. Para cada período horário é necessário fazer a soma da tarifa da energia ativa (Termo de energia ativa) e da taxa que é paga pelo uso da rede (Termo de energia da rede). Ao somar estas duas componentes, é obtido o valor da tarifa a ter em consideração para a simulação. Este procedimento é aplicado para os períodos de super vazio, vazio normal e cheias. O termo das pontas, é calculado através da divisão do preço pago em potência em horas de ponta, pela energia consumida (kWh) no período das pontas, a este valor será somado à tarifa do termo de energia ativa da tarifa associada à utilização da rede.

Figura 6.9 Tarifa de consumo

Se existir a intenção de futuramente celebrar um contrato de venda de excedente é importante o cliente demonstrar esse interesse. Ao escolhermos um sistema com injeção de excedente passamos a ter o campo da tarifa de venda para preencher. Este valor é baseado numa média de tarifas de compra pela parte das entidades comercializadoras. Com o aumento do preço da eletricidade nos últimos meses, as comercializadoras aumentaram a recompensa pelo kWh injetado na rede, neste momento a média do kWh já excede os 0,05€/kWh.

Após efetuar todos os passos anteriormente mencionados no *PvSol*, é gerado um relatório detalhado que carece de uma cuidadosa análise.

Previsão de rendimento	
Potência do gerador fotovoltaico	56,91 kWp
Rendimento anual específico	1.440,48 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	88,67 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	1,2 %/Ano
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Emissões de CO₂ evitadas	
	38.530 kg/ano
Nível de autonomia	
	25,0 %

Figura 6.10 Previsão de rendimento do sistema fotovoltaico

Através da Figura 6.10, pode-se verificar que o sistema apresenta um bom desempenho. É esperado que o sistema venha a produzir anualmente cerca de 81,989 kWh representando um desempenho do sistema de 88,67% e uma taxa de autoconsumo de 89%, o que revela que a injeção na rede é baixa, cerca de 11% da energia produzida pelo sistema fotovoltaico. Para além da energia produzida o sistema irá proporcionar uma redução das emissões de CO₂ de 38,530 kg/ano.

Bairrimoldes, LDA - Fábrica de Moldes Cunhos e Cortantes

SunEnergy
Número da proposta: REV02

Análise financeira

Seus lucros

Investimento total	40.000,00 €
Taxa interna de retorno	24,82 %
Prazo de amortização	4,3 Anos
Custos de geração da energia	0,0222 €/kWh
Balanco / Conceito de injeção	Net-Metering

Figura 6.11 Analise financeira

Analisando a Figura 6.11 é possível analisar a informação financeira associada ao projeto. Com um investimento total de 40000€ e uma taxa interna de retorno de 24,82%, o projeto terá um *payback* de 4,3 anos.

Com este sistema o cliente irá consumir energia elétrica que lhe vai custar 0,0222€/kWh. Se formos comparar com o que é pago pelo kWh nas horas de maior consumo este valor está muito abaixo do que o cliente paga à comercializadora, que é cerca de 0,19€/kWh.

Após o Quadro AC do sistema fotovoltaico foi instalado um contador *Itron* modelo SL7000 trifásico de contagem indireta (Anexo 5). Foi necessário instalar transformadores de corrente (TI's) em cada fase, para permitir a respetiva medição.

Os TI's foram escolhidos tendo em conta a potência nominal conforme a expressão 6.6.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos\Phi \Leftrightarrow 60000 = \sqrt{3} * 400 * I * 1 \Leftrightarrow I = 86,60 \text{ A} \quad (6.6)$$

Obtendo-se um valor por fase de 86,60 A, neste caso é indicado TI's com uma razão de transformação de 100/5 A.

Os cabos elétricos AC a instalar permitem efetuar a interligação entre inversor e o quadro AC. Estes foram dimensionados de forma a garantir uma queda de tensão máxima de 2,5% definida em projeto.

Dimensionamento:

$$U = b \times \left[\left(\frac{\rho \times L}{S} \right) \times \cos \varphi + (\lambda \times L \times \sin \varphi) \right] \times I \quad (6.7)$$

Onde,

U – Queda de tensão (V)

b – Coeficiente igual a 1 para circuitos trifásicos e a 2 em circuitos monofásicos

ρ - Resistividade dos condutores à temperatura de serviço normal (Cobre - 0,0225 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; Alumínio - 0,036 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)

L – Comprimento do cabo

λ - Reactância linear dos condutores (0,00008 Ω/m)

$\cos \varphi$ - Fator de potência (segundo datasheet dos inversores)

I – Corrente de serviço (A)

$$\Delta u (\%) = \frac{100 \times U}{U_0} \quad (6.8)$$

Onde,

$\Delta u (\%)$ - Queda de tensão relativa

U – Queda de tensão (V)

U_0 – Tensão entre fase e neutro (V)

- Interligação Inversor – Quadro AC

Características Inversor 60 kW

Potência nominal	60 000 W
Corrente nominal (IB)	87 A
Fator de potência	0.8

Considerando o pior cenário,

Distanciamento	10 m
Δu (%)	2,5 %

$$U = 1 \times \left[\left(\frac{0.036 \times 10}{35} \right) \times 0.8 + (0.00008 \times 10 \times 0.6) \right] \times 87 \Rightarrow U = 0,75 \text{ V} \quad (6.9)$$

$$\Delta u(\%) = \frac{100 \times 0,75}{230} \Rightarrow \Delta u(\%) = 0.326 \% \quad (6.10)$$

Considerando o pior cenário para a distância de instalação dos inversores, conclui-se que a secção de 35 mm² para cabo em Alumínio (LXV) permite assegurar a queda de tensão máxima de 2,5%.

Com um cabo de 35 mm² e segundo o fabricante temos um IZ (40°C) de 122A, aplicando fatores de correção por temperatura (k=0,91) e dos cabos em paralelo(K=0,96), temos um IZ corrigido segundo a equação 6.11

$$K = 0.91 * 0.96 = 0,87$$

$$IZ_{corrigido} = 122 * 0,87 = 106,14 \quad (6.11)$$

$$IB \leq IZ \Leftrightarrow 87 < 106,14$$

Com esta condição cumprida só resta fazer a verificação para a proteção. Segundo as tabelas, o disjuntor de 100A apresenta um I_2 de 145A.

$$I_B \leq I_N < I_Z$$

$$87 \leq 100 < 106,14 \quad (6.12)$$

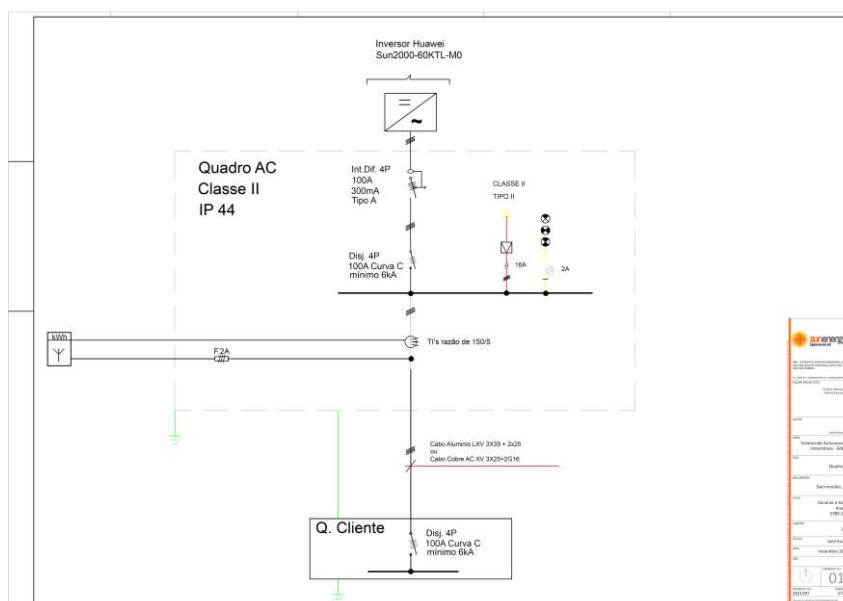


Figura 6.12 Esquema do Quadro AC

Os cabos elétricos DC instalados permitem efetuar a interligação entre módulos fotovoltaicos e o inversor. O dimensionamento da secção dos cabos DC foi efetuado de forma a garantir a queda de tensão considerada em projeto assim como foram tidas em consideração as recomendações do Manual dos inversores.

A secção a utilizar na interligação dos módulos fotovoltaicos e os inversores é de 1x6 mm² para um condutor de cobre.

6.1.5 Instalação

Após a adjudicação o processo passa para o departamento de obra onde é feito todo o planeamento para a sua execução.

Inicialmente e com o auxílio de um meio de elevação é colocada toda a estrutura e módulos na cobertura do telhado, assim será rentabilizado o tempo de execução. De seguida e já com todo o material necessário em cima da cobertura, o primeiro passo será fazer as medições e marcações no telhado de modo que seja colocada a estrutura onde os módulos serão fixados. A estrutura é colocada tendo em consideração o projeto realizado. Na Figura 6.13 é apresentada a estrutura utilizada para a fixação dos módulos.



Figura 6.13 Estrutura sunfer KHS915

Depois de colocados os módulos na estrutura, é feito a ligação ao barramento terra com pequenos chicotes com chicotes entre os módulos. Este aterramento, em conjunto com o sistema de proteção, permite que numa situação em que existe uma falha elétrica, a corrente seja escoada para a terra, evitando problemas para a instalação. (Figura 6.14).



Figura 6.14 Chicote com ligação à terra

Já com todos o trabalho na cobertura realizado, é feita a passagem dos cabos DC da cobertura até à zona técnica (Figura 6.15). Os cabos após entrarem no edifício percorrem esteiras perfuradas previamente instaladas pela equipa técnica da *Sunenergy*. Na zona técnica, é feita a instalação do inversor, do contador de produção de contagem indireta, quadro de proteções DC e AC assim como, um sistema de monitorização.



Figura 6.15 Zona técnica

No decorrer da execução da obra é solicitado ao departamento de engenharia que proceda ao dimensionamento do Quadro AC do sistema fotovoltaico. Como demonstra a Figura 6.12, após o inversor foi colocado um interruptor diferencial 4 Polos com uma corrente nominal de 100 A, com uma sensibilidade de 300mA. Neste circuito circula uma corrente com cerca de 86 A o que levou à equipa a optar por um disjuntor de 100 A. Foi também instalado neste quadro um Disjuntor de 100 A assim como no quadro de injeção do cliente (Q.Cliente). O Quadro AC encontra-se num ambiente arejado e pouco poluído, tendo sido optado por uma proteção IP baixa, IP 44, que protege o quadro contra corpos sólidos superiores a 1mm contra projeções de águas em todas as direções.

Na Figura 6.16 está representado a UPAC instalada na cobertura da empresa Bairrimoldes.



Figura 6.16 UPAC instalada na Bairrimoldes

6.2 Projeto fotovoltaico-Cartonagem Trindade, S.A

Tendo objetivo de reduzir os elevados consumos de energia, foi ponderado pelo cliente fazer a instalação de um sistema fotovoltaico que o ajudasse a reduzir o valor pago pelo

consumo de energia elétrica. Para este cliente foram executados três projetos que totalizam uma potência instalada de 996 kWp.

Neste capítulo é abordado um desses três projetos realizados para o grupo Cartonagem Trindade, S.A, que tem como principal atividade a produção de todo o tipo de embalagens. Até à data o grupo possui duas fábricas em São João da Madeira, fábrica 1 e fábrica 2, e uma outra em Guimarães. O projeto a ser abordado será para a fábrica 2, localizada em São João a Madeira (Figura 6.17).



Figura 6.17 Localização Cartonagem Trindade, S.A (Fábrica 1 e Fábrica 2)

Foi feita uma análise às faturas da fábrica 2 que possui um contrato de compra de energia elétrica de Média Tensão com uma potência contratada de 600 kVA e um ciclo diário tetra-horário. Através do diagrama de cargas da instalação, Figura 6.18, é possível verificar que a instalação tem consumos na ordem dos 250kW chegando a ter picos de consumo nos 350kW, contudo o cliente informou que estes consumos iriam aumentar cerca de 50% em relação ao consumo atual e queria que o sistema já contemplasse esse aumento. O consumo da instalação apresenta uma estabilidade ao longo do ano, com poucas paragens.

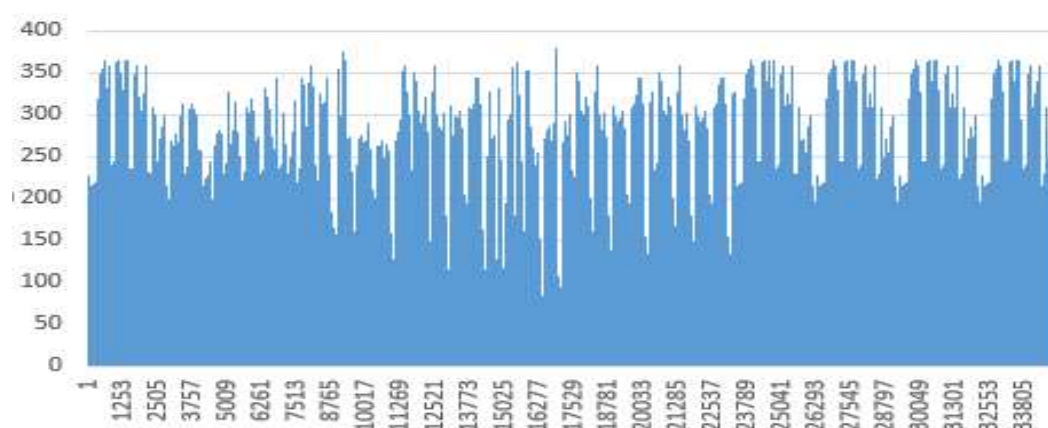


Figura 6.18 Diagrama de cargas – Fábrica 2

Ao analisarmos algumas das faturas que foram disponibilizadas pelo cliente, verificamos que a instalação no ano de 2021 teve um consumo anual a rondar os 1271230 kWh, na qual a maioria do consumo era feito nas horas de cheias e pontas, realçando ainda mais o papel do sistema fotovoltaico nesta instalação. O período de maior produção do sistema fotovoltaico é obtido neste período.

Com esta informação, foi decidido projetar um sistema com uma potência de 400 kWp, já preparado para o futuro aumento de consumo como solicitado pelo cliente.

6.2.1 Módulos a instalar

Para esta simulação foram usados 868 módulos da marca Jinko modelo JKM465M-7RL3 com uma potência de 465 W cada (Anexo 10) totalizando uma potência instalada de 403,620 kW. No primeiro trimestre de 2021 a marca apresentava-se bem posicionada no mercado ocupando o segundo lugar na tabela da TIER-1. Estes módulos são constituídos por células monocristalinas com um desempenho no 1º ano de 97,5%. Estas foram as razões pela escolha destes módulos.

Na Figura 6.19 e Figura 6.20 está representada a implantação no edifício da fábrica 2 realizada no software *Sketchup*. Nesta projeção os módulos foram colocados numa estrutura da ESDEC (Anexo 11), com uma orientação nascente-poente em cada água e com 10° de inclinação. Esta estrutura apresenta a vantagem de ser leve e de fácil instalação, não é necessário perfurar a cobertura para fixar a estrutura o que apresenta uma maior segurança para o cliente, nomeadamente a nível de infiltrações.



Figura 6.19 Implantação Unidade 1 (estrutura nascente/poente) Sketchup.



Figura 6.20 Montagem nascente/poente

6.2.2 Inversor a instalar

Para este projeto a escolha dos inversores recaiu na marca Huawei. Esta marca tem vindo a destacar-se pela qualidade, nível de fiabilidade e rendimento, foi instalado um modelo SUN2000-33KTL de 30 kWn (Anexo 12) e três SUN2000-100KTL-A de 100 kWn (Anexo 13), o que representa uma potência de ligação à RESP de 330 kWn.

Como se pode verificar, a potência nominal é subdimensionada em cerca de 20-25% de forma a tirar o máximo proveito do sistema fotovoltaico. Com a ajuda de um Smartlogger 3000 A (Figura 6.21), é possível fazer toda a monitorização do sistema.

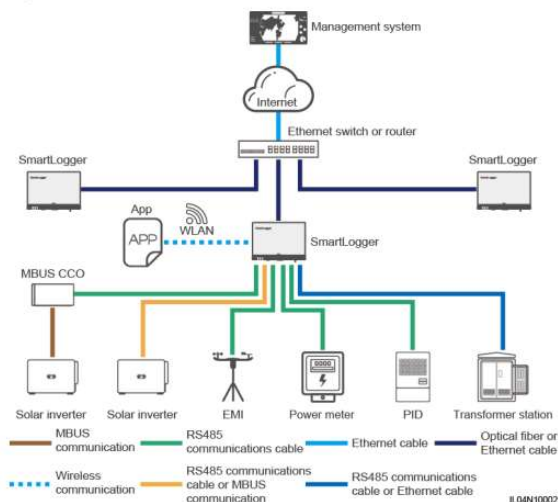


Figura 6.21 Ligação Smartlogger3000A (Huawei, 2022)

6.2.3 Configuração das Strings

Na configuração das *string*'s houve uma especial atenção nesta simulação, visto ser uma estrutura nascente/poente foram colocadas strings com as duas orientações em cada inversor, isto para que o inversor tivesse um maior aproveitamento ao longo do dia. Se um inversor contivesse só strings a nascente iria produzir apenas da parte da manhã, ficando sem funcionar o restante período do dia.

Na Tabela 6.3 são apresentadas as características elétricas dos módulos e do inversor em condições STC com a irradiação de 1 kW/m^2 e uma temperatura ambiente de 25°C .

Tabela 6.3 Características elétricas painel Jinko e inversor Huawei

Características elétricas	Módulos Fotovoltaicos Jinko JKM465M-7RL3-V3-465W(STC)	Características elétricas	Inversor Huawei SUN2000-33KTL 30kWn	Inversor Huawei SUN2000-100KTL 60kWn
Potência máxima (Pmax/W)	465 W	Tensão máxima de entrada (V)	1100 V	1100 V
Tensão em circuito aberto (Voc/V)	51,92 V	Corrente máxima por MPPT (A)	22 A	26 A
Corrente em circuito aberto (Isc/A)	11,59 A	Corrente máxima de curto-circuito por MPPT (A)	30 A	40 A
Tensão máxima (Vmp/V)	43,18 V	Tensão mínima de funcionamento (V)	200 V	200 V
Corrente máxima (Imp/A)	10,77 A	Número de MPPT's	4	10
Eficiência (%)	20.71 %	Eficiência (%)	98,6%	98,6%

Nas equações 6.14 e 6.15 estão representados os cálculos da tensão mínima (V_{min}) a -10°C com o objetivo de identificar o número mínimo de módulos por *string*.

$$V_{min(70^{\circ}\text{C})} = \left(1 + \frac{(70^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) * Voc(\%)}{100}\right) * V_{mp} \Leftrightarrow$$

$$V_{min(70^{\circ}\text{C})} = \left(1 + \frac{(70 - 25) * (-0,28)}{100}\right) * 43,18 \Leftrightarrow V_{min(70^{\circ}\text{C})} = 37,74 \text{ V} \quad (6.14)$$

$$N_{min} = \frac{V_{min.func.inver.}}{V_{min(70^{\circ}\text{C})}} \Leftrightarrow N_{min} = \frac{200}{37,74} \Leftrightarrow N_{min} = 5 \text{ módulos} \quad (6.15)$$

Já com o número mínimo de módulos por *string*, é calculada o valor máximo de tensão que pode ser atingido pelo módulo através da equação 6.16 e o número máximo de módulos por *string* através da equação 6.17.

$$V_{oc(-10^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{(-10^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C}) * Voc(\%)}{100}\right) * V_{oc(STC)} \Leftrightarrow$$

$$V_{oc(-10^{\circ}\text{C})} = \left(1 - \frac{(35) * (-0,28)}{100}\right) * 51,92 \Leftrightarrow V_{oc(-10^{\circ}\text{C})} = 57 \text{ V} \quad (6.16)$$

$$N_{max} = \frac{V_{max.func.inver.}}{V_{oc(-10^{\circ}\text{C})}} \Leftrightarrow N_{max} = \frac{1100}{57} \Leftrightarrow N_{max} = 19 \text{ módulos} \quad (6.17)$$

Após todos os cálculos relativos ao número de módulo por *string* concluímos que temos que ter no mínimo 5 módulos por *string* e no máximo 19. De seguida é necessário verificar a quantidade de *strings* em paralelo por MPPT através da equação 6.18 para o inversor de 30 kWn e através da equação 6.19 para o inversor de 100 kWn.

Para isso é necessário fazer o quociente entre a corrente máxima do inversor ($I_{max.mppt}$) e a corrente máxima da *string* ($I_{max.string}$), equação 6.5.

$$N_{string \text{ paralelo}} = \frac{I_{max.mppt.}}{I_{max string}} \Leftrightarrow N_{string \text{ paralelo}} = \frac{22}{10,77} \Leftrightarrow N_{string \text{ paralelo}} = 2 \quad (6.18)$$

$$N_{string \text{ paralelo}} = \frac{I_{max.mppt.}}{I_{max string}} \Leftrightarrow N_{string \text{ paralelo}} = \frac{26}{10,77} \Leftrightarrow N_{string \text{ paralelo}} = 2 \quad (6.19)$$

Com todos os cálculos efetuados, as *strings* ficaram definidas consoante as tabelas 6.4, 6.5, 6.6 e 6.7.

Tabela 6.4 Strings inversor Huawei 100 kWn

	Nº de módulos/Strings	MPPT
Inversor Huawei 100KTL	18	Y1
	18	
	18	Y2
	18	
	18	Y3
	18	
	18	Y4
	18	
	18	Y5
	18	
	18	Y6
	18	
	18	Y7
	18	
	18	
	18	
Total	252	

Tabela 6.5 Strings inversor Huawei 100 kWn

	Nº de módulos/Strings	MPPT
Inversor Huawei 100KTL	17	Y1
	17	
	17	Y2
	17	
	17	Y3
	17	
	16	Y4
	16	
	16	Y5
	16	
	16	Y6
	16	
	16	Y7
	16	
	16	Y8
	16	
Total	262	

Tabela 6.6 Strings inversor Huawei 100 kWn

	Nº de módulos/Strings	MPPT
Inversor Huawei 100KTL	17	Y1
	17	
	17	Y2
	17	
	17	Y3
	17	
	16	Y4
	16	
	16	Y5
	16	
	16	Y6
	16	
	16	Y7
	16	
	15	Y8
	15	
	16	S17
Total	276	

Tabela 6.7 Strings inversor Huawei 100 kWn

	Nº de módulos/Strings	MPPT
Inversor Huawei 33KTL	15	Y1
	15	
	16	Y2
	16	
	16	S3
Total	78	

Na Figura 6.22 é possível visualizar os resultados associados a esta simulação. O sistema apresenta uma produção anual de 502785 kW/h dos quais 345391 kW/h são para autoconsumo e 157.394kW/h são injetados na rede pública. O PR (Performance de Ratio) do sistema é de 85% e o autoconsumo representa 68,7% da energia consumida. É possível ver que o rendimento anal específico é de 1245 kW/h por cada kWp instalado.

O rendimento	
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	502.785 kWh
Autoconsumo direto	345.391 kWh
Injeção na rede	157.394 kWh
Limitação no ponto de injeção	0 kWh
Autoconsumo	68,7 %
Fração solar	27,2 %
Rendimento anual específico	1.245,48 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,0 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	6,5 %/Ano
Emissões de CO ₂ evitadas	236.270 kg/ano

Figura 6.22 Rendimento da Unidade 1 (estrutura EDEC)

Na Figura 6.23 pode-se fazer a análise ao destino da energia produzida através da unidade de produção, nos meses de inverno a produção do sistema fotovoltaico é praticamente toda consumida pela instalação, existindo pouca injeção na rede. Nos meses de verão também existe uma grande taxa de absorção da energia produzida, salvo no mês de agosto em que a injeção na rede representa grande parte da produção do sistema fotovoltaico. Isto acontece porque no mês de agosto a produção da fábrica é mais baixa, grande parte dos funcionários tiram férias nesta altura do ano. Algumas empresas também aproveitam esta altura de quebras de produção para realizar manutenções nas linhas de produção.

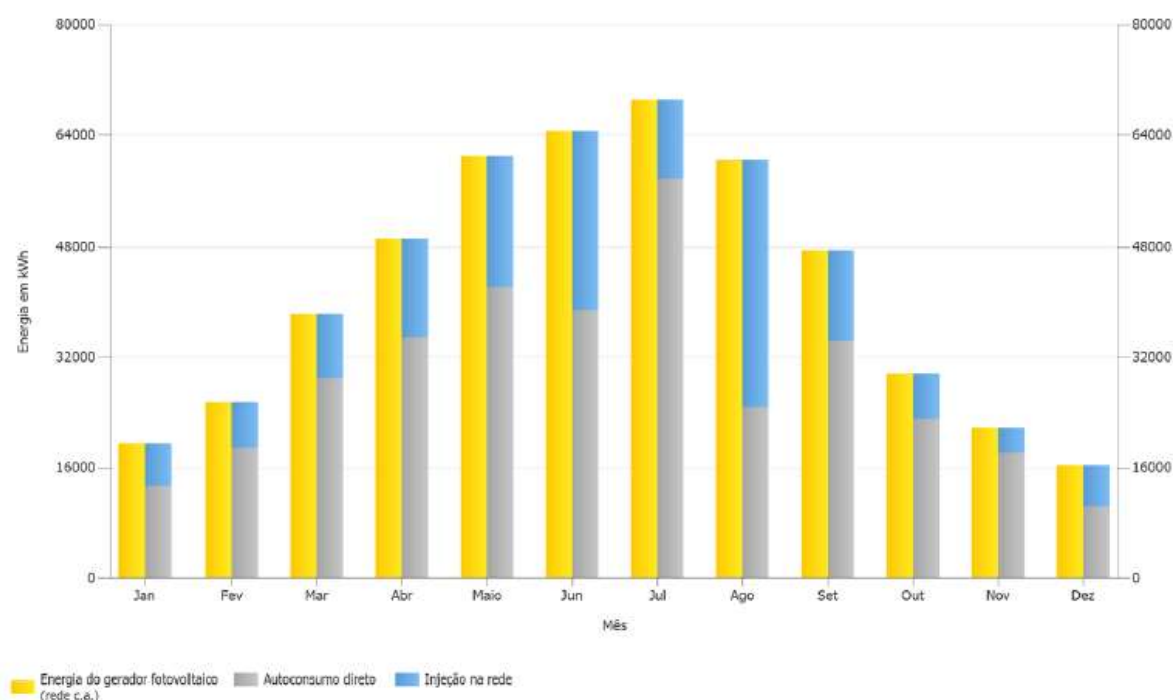


Figura 6.23 Utilização da energia fotovoltaica

Na Figura 6.24 podemos observar ao detalhe a remuneração e a economia que o sistema irá proporcionar. O autoconsumo que o sistema fotovoltaico irá permitir no primeiro ano irá representar uma poupança de 42738.05€. Este valor é o resultado da poupança que o sistema irá proporcionar na compra de energia com a soma de energia vendida à rede ao longo do ano. É possível verificar que nos períodos horários vai existir uma economia que é proporcionada pelo sistema, menos no período do super vazio, este apresenta um valor negativo visto que entre as 2h e as 6h da manhã a radiação é praticamente nula o que leva a que o sistema não consiga produzir, logo não vai ajudar a colmatar o consumo de energia elétrica neste período, o sistema

terá que recorrer totalmente à rede elétrica ou a outro meio de produção de energia. Estes valores são baseados nas tarifas

O valor da tarifa por período horário foi calculado com base nas faturas disponibilizadas, para os períodos do super vazio, vazio normal e cheias foi somado a tarifas da energia ativa, com a tarifa de acesso às redes. Para as pontas foi feito a divisão do valor pago pela potência em horas de pontas pela energia consumida em horas de ponta em (kWh). A esse valor foi somado a tarifa da energia ativa em horas de ponta com a tarifa de acesso às redes nesse mesmo período.

Remuneração e Economia	
Remuneração total no primeiro ano	7.401,39 €/Ano
Economia no primeiro ano	42.738,05 €/Ano
Cartonagem Trindade - Indústria, S.A. - Remuneração Excedente	
Validade	02-06-2021 - 01-06-2046
Tarifa de injeção específica	0,047 €/kWh
Tarifa de injeção	7.454,36 €/Ano
Inflação da tarifa de injeção	3,00 %/Ano
Cartonagem Trindade - Indústria, S.A. (Galp Power, S.A)	
Tarifa da energia Super vazio	0,06 €/kWh
Economia Super vazio	-0,55 €/Ano
Tarifa da energia Vazio Normal	0,07 €/kWh
Economia Vazio Normal	1.082,69 €/Ano
Tarifa da energia Cheias	0,10 €/kWh
Economia Cheias	6.561,91 €/Ano
Tarifa da energia Pontas	0,21 €/kWh
Economia Pontas	6.627,28 €/Ano

Figura 6.24 Dados económicos

Na Figura 6.25 pode-se visualizar o fluxo de caixa acumulado retirado do simulador. Com os dados da tarifa paga nos diferentes períodos, com a produção do sistema fotovoltaico e com o valor de investimento, o simulador prevê o payback. É possível verificar que com um investimento de 200.000€ neste sistema, a instalação irá ter um *payback* de cerca de 4 anos. No quinto ano o produtor já tem o investimento recuperado. Ao fim de 25 anos consegue ter um fluxo de caixa acumulado de 1200000 €.

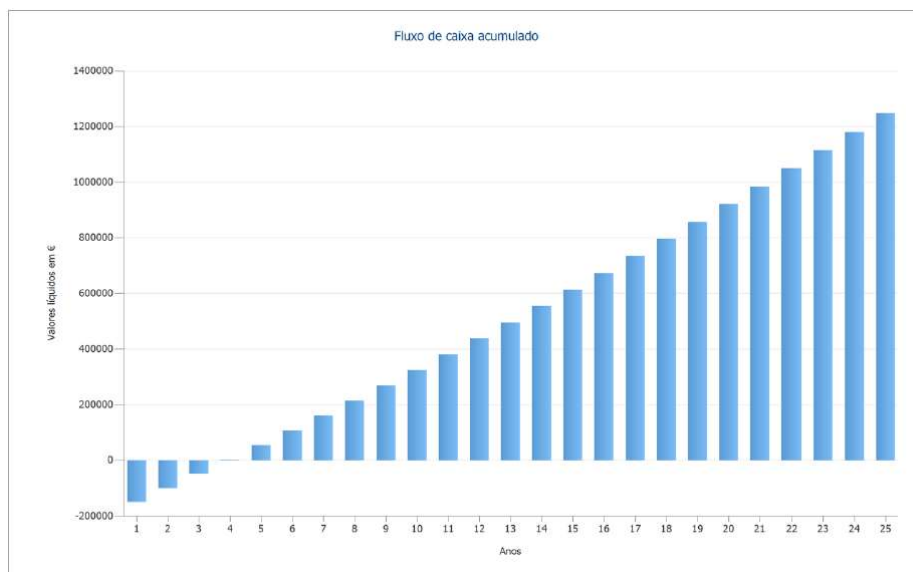


Figura 6.25 Economia acumulada

6.3 Concurso Público e sistemas para carregamento de veículos elétricos ligados à rede Mobi.e

A *Sunenergy* é detentora de alvarás de empreiteiros de obras públicas que lhe permite concorrer e executar obras que não sejam de caráter privado. Ao longo destes anos de existência, a *Sunenergy* já projetou e executou muitas instalações de módulos fotovoltaicos em edifícios que pertencem ao estado português, tais como: hospitais, centros escolares, bibliotecas, centros desportivos, espaços culturais entre muitos outros.

Ao longo do ano de 2021 foi notória a conquista de obras de caráter público. Neste mesmo ano a *Sunenergy* elevou o seu bom nome e impôs-se no mercado, ao projetar e executar a maior obra em modelo de autoconsumo para o setor público em geral, com a particularidade de ter sido executada em *carpark*. Este projeto conta com cerca de 980 kWp de potência instalada, muito perto dos 1 MkWp que o Dec-Lei nº 162/2019 de 25 de outubro limita para este tipo de sistemas.



Figura 6.26 Carpark instalado no Hospital Santa Maria – Lisboa

Mas a *Sunenergy* abriu fronteiras e iniciou mais uma etapa há muito ambicionada, no início de 2021 foi vencedora de um concurso público que prevê a instalação de 7 *HUBS* de veículos elétricos ligados à rede Mobi.e, em que cada parque é constituído por 9 carregadores de diversas potências. Cada HUB irá ter um Posto de Carregamento Ultrarrápido (PCUR) com uma potência de 160kW, três Postos de Carregamento Rápido (PCR) com uma potência de 60kW, e cinco Postos de Carregamento Normal (PCN) com uma potência de 22kW cada. A alimentação destes parques irá ser feita através de um posto de transformação com uma potência nominal de 630KVA que será alimentado pela MT (Média Tensão) da RESP a 10/15kV e irá converter a tensão para 400V.

Para ter acesso a qualquer um destes postos na via pública é necessário que o consumidor possua um cartão associado a um CEME (Comercializador de Eletricidade para a Mobilidade), este cartão terá associado uma tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) que ao ser passado no carregador dará acesso ao carregamento do veículo.

Os postos de carregamento foram escolhidos tendo em conta a lista de carregadores homologados por parte da Mobi.e.

6.3.1 Postos de carregamento

PCUR é a designação para um posto de carregamento com potências na ordem dos 150kW, seja para uso particular ou publico.

Para o PCUR foi escolhido um Carregador da marca *MAGNUMCAP* MC QCA150-150H-CJ de 160kW de potência (Figura 6.27).



Figura 6.27 Posto de Carregamento Ultrarrápido

Este tipo de carregador é dotado de uma tomada DC CHAdeMO e uma tomada DC Combo/CCS (Figura 6.28), o conector CHAdeMO é mais utilizado em viatura de fabrico asiático e o CCS em viatura de fabrico europeu. Cada tomada possui um cabo com de 3m de comprimento, o que dá uma grande margem de manobra no posicionamento da viatura a carregar.

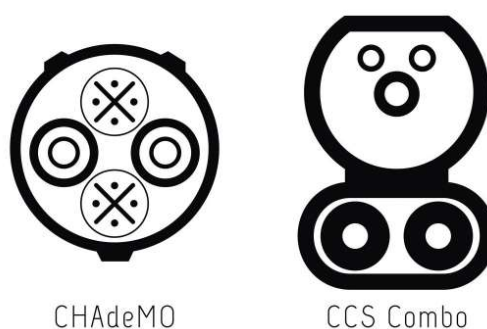


Figura 6.28 Tipo de fichas associadas ao PCUR e PCR

PCR é a designação para um ponto de carregamento que permite o carregamento de um veículo elétrico acima dos 22 kW.

Para os três PCR a escolha recaiu num carregador da marca *MAGNUMCAP* MC QCA 60-60H-CJ Terra 60 kW de potência (Figura 6.29).



Figura 6.29 Posto de Carregamento Rápido

Assim como o PCUR, este carregador é dotado de uma tomada DC CHAdeMO e uma tomada DC Combo/CCS.

O Carregamento Rápido torna o carregamento mais comodo para os utilizadores de veículos elétricos, contudo é preciso ter consciência que o uso excessivo deste tipo de carregadores poderá reduzir a vida útil da bateria.

PCN é a designação para um ponto de carregamento que permite o carregamento de um veículo elétrico, seja em espaço publico ou privado, com um máximo de 22 kW de potência. Os cinco PCN serão da marca SCAME com pedestal de duas tomadas de *Type 2 32A 400Vac 22kW* cada (Figura 6.30). Este posto de carregamento dá a possibilidade de carregar dois veículos em simultâneo.



Figura 6.30 Posto de Carregamento Normal

Atualmente um PCN público ligado à MOBI.E deixou de disponibilizar energia de forma gratuita, passando a ser cobrada desde 1 de julho de 2020.

Na Figura 6.31 estão disponíveis dois tipos de fichas para realizar o carregamento em AC em PCN.

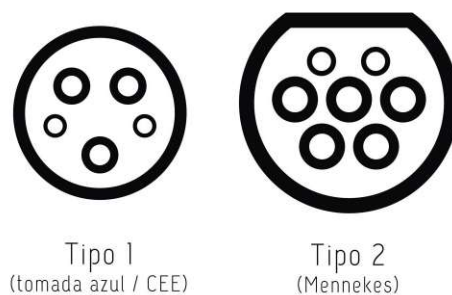


Figura 6.31 Tipo de fichas associadas ao PCN

6.3.2 Posto de Transformação

Devido a ser necessário a alimentação de um grande número de cargas que representam uma potência total de 450kW, optou-se pela instalação de um PT (Posto de Transformação) com potência de 630kVA, 15kV/400V. O PT tem uma estrutura de betão pré-fabricado e vai ser instalado num local a ser definido pelo município e pela Mobi.e S.A.

O trajeto dos alimentadores será definido pelos Serviços Técnicos da E-REDES S.A. estando previstas as necessárias infraestruturas para montagem dos cabos até à guia do passeio ou até ao local a designar pelos técnicos da E-REDES S.A.

Na Figura 6.32 está representado o esquema elétrico do PT de 630kVA que irá ser instalado.

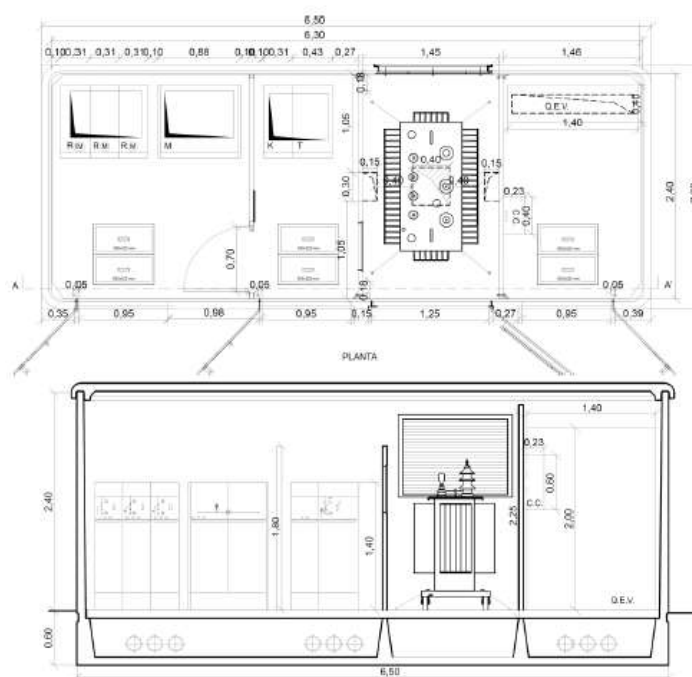


Figura 6.32 Esquema do PT 630kVA

O PT tem quatro portas de acesso, uma que dá acesso ao QMT (Quadro de Média Tensão) da E-redes, outra para o QMT do cliente, uma terceira para o Transformador e uma que dá acesso ao QBT (Quadro de Baixa tensão).

O Posto de Seccionador (PS) terá acesso pelo exterior através de uma porta. Existe separação física entre o PT de cliente e o PS da E-REDES, que permita o acesso a partir do PS ao PT de cliente, mas sem permitir o acesso inverso. Essa separação é obtida por meio de uma rede metálica.

6.3.3 Instalação Baixa Tensão

A instalação de baixa tensão baseia-se nos circuitos elétricos que alimentam as cargas, neste caso os carregadores de veículos elétricos. Na execução dos trabalhos deverá ter-se em conta a legislação em vigor, nomeadamente, as RTIEBT (Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão) e as Normas Técnicas da Direção Geral de Energia e do Distribuidor de Energia.

A distribuição de energia far-se-á a partir do quadro QVE (Quadro Veículo Elétrico), que alimentará os diversos postos instalados. No QVE será instalado um disjuntor diferencial de corte geral e a aparelhagem apresentada no respetivo esquema (Anexo 15).

Na proteção dos diferentes circuitos usar-se-ão disjuntores automáticos, que possuirão dispositivos de proteção termomagnéticos e terão um poder de corte não inferior ao indicado nas respetivas peças desenhadas.

Como se indica nos esquemas, o quadro dispõe, além da proteção contra curto-circuito e sobrecarga, de proteção contra correntes diferenciais.

Toda a cablagem que servirá para alimentar os postos de carregamento iram ser embebidos numa vala comum com cerca de 60cm de profundidade (Figura 6.33).

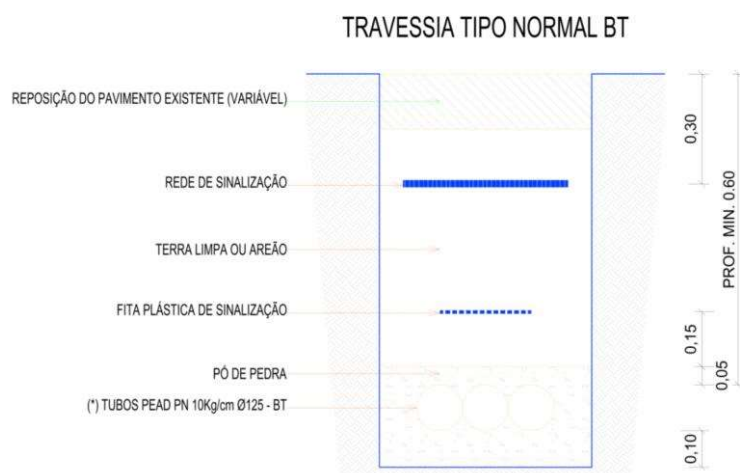


Figura 6.33 Vala BT

6.3.1 Pedido de Ligação à rede

De modo a que seja possível a alimentação do PT, em caso de MT, é necessário realizar um pedido de ligação à rede. Em primeiro terá que ser solicitado um pedido de viabilidade para o local onde se prevê instalar o PT, desta forma esse pedido é feito através do portal da E-redes com o preenchimento do formulário apresentado na Figura 6.34

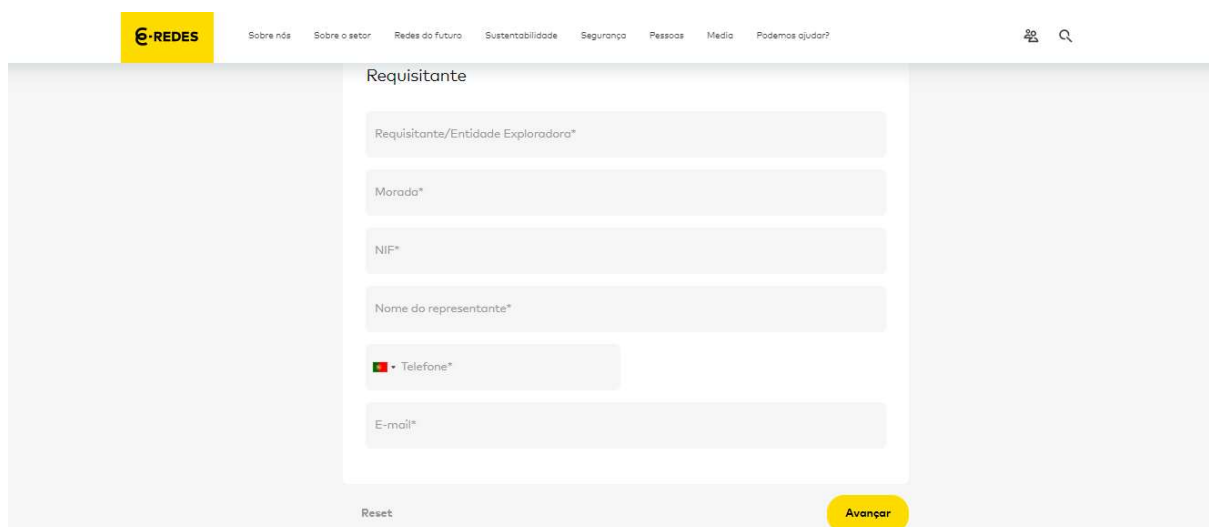
The image shows a web form titled 'Requisitante' on the e-REDES portal. The form is used for requesting a connection (Ligação de MT). It contains several input fields: 'Requisitante/Entidade Exploradora*', 'Morada*', 'NIF*', 'Nome do representante*', 'Telefone*' (with a flag icon), and 'E-mail*'. At the bottom of the form, there are two buttons: 'Reset' and 'Avançar' (highlighted in yellow). The top of the page features a navigation bar with the e-REDES logo and links to 'Sobre nós', 'Sobre o setor', 'Redes do futuro', 'Sustentabilidade', 'Segurança', 'Pessoas', 'Media', and 'Podemos ajudar?'. There is also a search icon in the top right corner.

Figura 6.34 Formulário para pedido de Ligação de MT

Juntamente a estes dados é necessário que seja anexado ao pedido uma ficha eletrotécnica (Anexo 16), um termo de identificação do projeto (Anexo 17) e um termo de responsabilidade pelo projeto (Anexo 18), a estes documentos devidamente assinados pelo técnico responsável é necessário anexar também uma breve memória descritiva do projeto.

Após os dados serem analisados pela e-redes é atribuído um número de processo, que irá começar pelo dígito “8”, este primeiro indica se o processo se encontra em análise de viabilidade ou se já avanço para o pedido de execução PLR (Pedido de Ligação à Rede). Após a análise da viabilidade e do pagamento dos encargos iniciais o processo transita para Pedido de execução PLR, a este pedido é associado um outro número que começa pelo dígito “9”. A e-redes disponibiliza dois métodos de abertura de ramal, um deles em que a obra é executada pela e-redes e um outro em que é executada por uma entidade externa á escolha do técnico responsável do PLR.

6.4 Outras intervenções

Sendo a *Sunenergy* uma empresa instaladora de sistema fotovoltaicos, também carece de um apoio aos seus clientes pós instalação, fazendo a manutenção ou reparação de instalações com anomalias sempre que os clientes assim o solicitarem.

6.4.1 Substituir modem de comunicação

Quer por falha do cartão GSM (*Global System for Mobile Communication*) ou do modem por vezes a comunicação das instalações deixa de ser realizada. Até que o cliente é notificado por carta a informar que a sua instalação não está a fazer a devida comunicação, sem esta comunicação os clientes deixam de receber a quantia monetária referente à energia elétrica injetada na RESP.

Antes da intervenção é realizado um teste de comunicação para começar a fazer despiste de problemas. Foi realizado um teste de comunicação par verificar se realmente a comunicação não estava a ser feita. Após verificar que de facto não existia comunicação procedemos à substituição do cartão GSM e realizamos novo teste de comunicação. Para realizarmos um teste

de comunicação temos duas opções, ligamos para a linha de apoio para que o técnico proceda a um teste de comunicação ou através de um telemóvel fazemos o envio de um SMS para o número associado ao cartão do modem, se este for entregue é porque existe comunicação. Outra forma é verificar se o led “GSM” acende de 5 em 5 seg, se isto acontecer ele está a comunicar.

Já com o novo cartão GSM no modem detetamos que continuava sem comunicação, excluimos que o erro tivesse origem no cartão GSM.

O modem em questão estava associado a uma UPP já com alguns anos de funcionamento, o que levou a suspeitar que pudesse ser daí o problema. O cabo que têm origem no contador de produção tem na ponta uma ficha macho RJ45 e a entrada do modem a instalar corresponde a uma fêmea RS232. De modo a solucionar este problema o mais rápido possível e para o cliente não estar a desselar o contador, foi feito um cabo em que numa das potas possui uma ficha fêmea RJ45, ficha esta que coincide com a do contador, e numa outra ponta uma ficha macho RS232 de modo a fazer a ligação na parte do modem (Figura 6.35).



Figura 6.35 Substituição de modem de comunicação

Para que este cabo fizesse uma correta comunicação foi seguido o esquema da Figura 6.36.

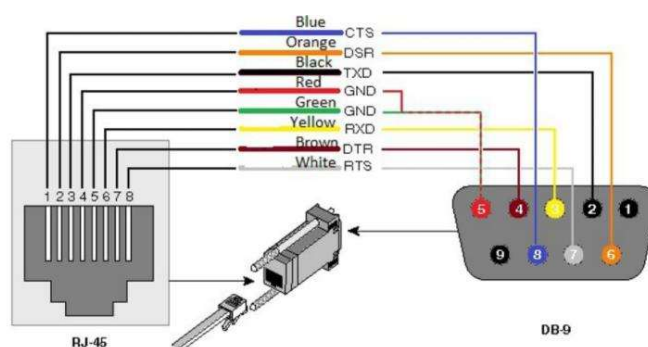


Figura 6.36 Pinagem ficha RJ45 to RS232

Após a substituição do contador e de conectar os cabos de alimentação foi feita um novo teste de comunicação, o teste foi dado como finalizado, a comunicação estava reestabelecida.

6.4.2 Substituição de Inversor de uma UPP

Após o contacto com o cliente, foi solicitado à equipa *sunenergy* que fizesse a análise de uma instalação e que procedesse à substituição do inversor que pertencia à UPP (antiga microprodução) devido a avaria. O inversor foi substituído por um inversor da Fronius modelos Galvo de 3kWn (Anexo 19), este inversor é dotado das mesmas características elétricas do inversor avariado. Antes de iniciar a intervenção foi desligado o inversor no *switch* e as proteções DC e AC para que a intervenção fosse feita em segurança, tanto para os técnicos como para a instalação.

Como demonstra a Figura 6.37 foi feita a instalação da armadura do inversor com uma medição prévia. Após a fixação da armadura à parede foi feita a ligação dos cabos DC vindos das duas *strings* já instaladas no local. Em seguida procedeu-se à ligação do cabo AC. Em todos os cabos foram instaladas ponteiras nos seus terminais correspondentes à secção dos mesmos.



Figura 6.37 Instalação da armadura do inversor Fronius Galvo 3.0kW

Depois de ligar todos os equipamentos e respetivas proteções, foi possível proceder à configuração do inversor.

Numa primeira fase acedemos ao menu através do LCD e ativamos a rede *wifi* do inversor como demonstra a Figura 6.38.



Figura 6.38 Ativar rede wifi inversor Fronius

Após a ativação da rede *wifi* e através de um computador ou de um *smartphone* é possível proceder à conexão do inversor com o computador através da rede *wifi* do inversor, por norma

a rede *wifi* tem o nome da marca do inversor “Fronius” e a password é 12345678. Estando conectados à rede do inversor e através do *browser* vamos aceder às definições do inversor através do *ip* 192.168.250.181. Através deste *ip*, vamos ter acesso ao inversor, na qual vamos configurar a rede onde vai ser feita a transmissão dos dados de produção. Já com a página carregada e através do menu “rede” é seleccionado o meio de comunicação.

Com todas estas configurações guardadas terá que se aceder novamente ao menu do inversor através do LCD do mesmo. Selecionando o menu “Agora” é possível já ter acesso a todos os dados da instalação fotovoltaica, desde produção instantânea, tensão e corrente nas *strings*. Na Figura 6.39 é possível visualizar os valores retirados do inversor, a baixa potência registada é justificada com a hora do dia em que a recolha destes dados foi realizada.



Figura 6.39 Parâmetros elétricos da instalação

Com esta configuração feita no local é necessário adicionar o sistema à plataforma de monitorização. Através da conta do técnico instalador é adicionado o sistema preenchendo o formulário da Figura 6.40

Figura 6.40 Registo de instalação na Solarweb

Na Figura 6.41 é possível verificar a produção da instalação após a intervenção através da aplicação de monitorização (*Solarweb*).

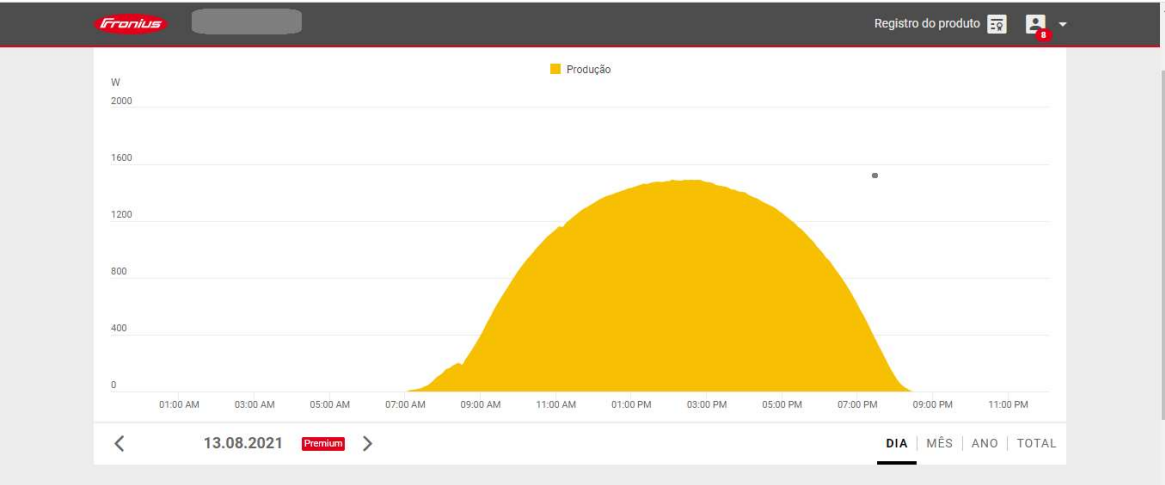


Figura 6.41 Monitorização froniussolarweb

7. Conclusões

A realização do estágio curricular permitiu-me consolidar conhecimentos adquiridos durante a minha formação académica, tanto na Licenciatura como no Mestrado. Fui privilegiado por trabalhar numa área com bastante impacto e importância nos dias de hoje.

A produção de energia elétrica é um tema que tem vindo a preocupar a geração atual e gerações futuras. Trabalhar numa área que tem como objetivo mudar por completo o método de produção foi muito gratificante a nível profissional e pessoal.

Com a conclusão deste estágio faço um balanço positivo, tendo sido muito enriquecedor. Como profissional ajudou-me bastante a adquirir conhecimentos no mundo dos sistemas fotovoltaicos e principalmente a compreender melhor o mercado de trabalho, a forma como uma empresa se organiza perante os desafios propostos e toda a sua logística.

Na empresa o espírito de equipa e camaradagem revelou-se muito importante na minha integração e no desenvolvimento do meu trabalho.

Durante o período de estágio foi possível perceber que a procura por este tipo produção de energia tem vindo a aumentar. Foi incutido pelos colegas ser o mais transparente possível com o cliente, mostrando todas as vantagens do investimento e realizar um dimensionamento adequado às necessidades de cada um, sendo que cada caso é um caso.

Foi-me dada a oportunidade de fazer o acompanhamento de vários projetos associados a sistemas fotovoltaicos, desde o contacto com o cliente, o dimensionamento e a conclusão da obra. Consegui adquirir conhecimentos mais aprofundados sobre os sistemas fotovoltaicos e do investimento que é necessário quer para clientes particulares quer para clientes empresariais, resultado da minha participação no processo de dimensionamento e orçamentação dos sistemas.

O estágio exigiu que fossem feitas pesquisas em torno de documentos que regulamentam o autoconsumo através das fontes renováveis (Decreto-Lei 162/2019). Isto permitiu realizar registos e pedidos de inspeção para as unidades de produção.

Em termos de tecnologia, estas têm vindo a crescer significativamente, a procura foi compensada com o grande investimento dos fabricantes e a entrada de novas marcas no mercado. Apesar da pandemia COVID-19 ter vindo a fazer com que os preços aumentassem, devido aos aumentos dos custos de transporte e à escassez de matéria-prima, a procura por estes sistemas continua a aumentar devido à rentabilidade dos mesmo.

Apesar de serem referidos só os casos de estudo mencionados no capítulo 6, durante o estágio foi possível estudar outras situações e projetos que chegaram até à empresa por parte da equipa comercial. Nestes projetos foi possível apoiar as equipas técnicas mais no dimensionamento, orçamentação e até mesmo o departamento técnico.

Durante o estágio tive a oportunidade de adquirir conhecimentos e experiência com vários tipos de *softwares*, tais como: *PvSol*, *Scketchup* e até mesmo no *zwcad*, assim como aplicações computacionais, *Google earth*, *Solar configurator*, *Solar design*, *Sunny design*, *Solax design*, *PVGIS*.

Foi possível fazer alguns acompanhamentos no terreno e participar em algumas intervenções em instalações de produção de energia fotovoltaica.

Foi dada a oportunidade de abraçar projetos ligados à mobilidade elétrica, mais propriamente ligados à rede Mobi.e, que se encontra em grande crescimento neste momento. Nestes projetos foi adquirido conhecimento de como efetuar PLR-MT e PLR-BT e toda a documentação que é exigida em ambos os casos, desde projetos de implantação à elaboração de Fichas Eletrotécnicas.

Num contexto geral os objetivos propostos para o decorrer do estágio foram alcançados, contudo ainda há muito a aprender neste mundo do setor fotovoltaico. De salientar que o estágio foi uma mais valia a nível pessoal e profissional.

REFERÊNCIAS

- "Choosing a battery: how to pick the best solar battery for you". (s.d.). Obtido de <https://www.energysage.com/energy-storage/how-to-get-storage/choosing-battery/>
- Afonso Cavaco, H. S. (dezembro de 2016). *Radiação Solar Global em Portugal e a sua*. IPES. Obtido em 10 de outubro de 2021, de IPES.
- alargador.tripod. (s.d.). Obtido em 24 de outubro de 2021, de alargador.tripod: <https://alagador.tripod.com/4.htm>
- aliexpress. (s.d.). Obtido em 14 de novembro de 2021, de aliexpress: <https://pt.aliexpress.com/item/1005001605608873.html>
- alternative energy . (s.d.). "Connecting your Solar System to the Grid". Obtido em 14 de novembro de 2021, de alternative-energy-tutorials: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/grid-connected-pv-system.html>
- alternative-energy-tutorials. (s.d.). "Battery Charge Controller". Obtido em 15 de novembro de 2021, de alternative-energy-tutorials: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/energy-storage/battery-charge-controller.html>
- alternative-energy-tutorials(Parallel). (s.d.). "Parallel Connected Solar Panels". Obtido em 09 de novembro de 2021, de alternative-energy-tutorials: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/parallel-connected-solar-panels.html>
- alternative-energy-tutorials(Series). (s.d.). "Series Connected Solar Panels". Obtido em 09 de novembro de 2021, de alternative-energy-tutorials: <https://www.alternative-energy-tutorials.com/solar-power/series-connected-solar-panels.html>
- ambiente. (7 de dezembro de 2021). *UNIDADES DE PEQUENA PRODUÇÃO (UPP)*. Obtido de ambiente: <http://www.ambiente.pt/index.php/solucoes/sistemas-de-energia-renovavel/energia-fotovoltaica/microgeracao-e-minigeracao>
- APESF. (6 de dezembro de 2021). *evolução da legislação do solar fotovoltaico em Portugal (2007-2019)*. Obtido de apesf.
- apren. (Agosto de 2021 a). "Balanço da Produção de Eletricidade de Portugal Continental". Obtido em 7 de Setembro de 2021, de apren: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/producao>
- apren. (2021 b). "Intensidade Energética da Economia, em Portugal e na UE-28". Obtido em 7 de março de 2021, de apren: <https://www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/outros>
- Brakels, R. (24 de maio de 2018). Obtido em 23 de outubro de 2021, de <https://www.solarquotes.com.au/blog/half-cut-solar-cells-panels/>
- Cabrita, A. (30 de outubro de 2015). "EDP inaugura quatro novas barragens até final de 2016". Obtido em 17 de junho de 2021, de jornaldenegócios:

- /www.jornaldenegocios.pt/empresas/energia/detalhe/edp_inaugura_quatro_novas_barragens_ate_final_de_2016
- cleanenergyreviews. (s.d.). *"How Solar Power Works - On-Grid, Off-Grid And Hybrid Systems"*. Obtido em 13 de novembro de 2021, de cleanenergyreviews: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/2014/5/4/how-solar-works>
- dgeg. (2021). *"estatísticas rápidas - nº 195 - fevereiro de 2021"*. Obtido em 6 de março de 2021, de dgeg.
- efacec. (s.d.). *"Centrais Fotovoltaicas de Mogadouro e de Mina Tó são os novos projetos da Efacec na área das Renováveis em Portugal"*. Obtido em 14 de outubro de 2021, de efacec: <https://www.efacec.pt/centrais-fotovoltaicas-de-mogadouro-e-de-mina-to-sao-os-novos-projetos-da-efacec-na-area-das-renovaveis-em-portugal/>
- efectoled. (s.d.). Obtido em 14 de novembro de 2021, de efectoled: https://www.efectoled.com/pt/comprar-inversores-carregadores/7347-inversor-cargador-5000-w-mppt-omega-umv3-5000-48-v.html?id_c=16921&gclid=Cj0KCQiAhMOMBhDhARIsAPVml-HLZN7MxepYI94oE_bMEpankIWqsD_ifdeLlm1AZTdcQIKthol8HjYaAmrVEALw_wcB&gclsrc=aw.ds
- electricalacademia. (2021). *"Grid-Tied Solar Photovoltaic (PV) System"*. Obtido em 13 de novembro de 2021, de electricalacademia: <https://electricalacademia.com/renewable-energy/grid-tied-solar-photovoltaic-pv-system/>
- enat. (s.d.). *"unidade de produção para autoconsumo (upac)"*. Obtido em 23 de novembro de 2021, de Enat: <https://www.enat.pt/autoconsumo>
- enelgreenpower. (29 de Outubro de 2020). *"Renováveis em Portugal: de volta ao futuro"*. Obtido em 9 de Dezembro de 2020, de enelgreenpower: <https://www.enelgreenpower.com/pt/historias/articles/2020/10/portugal-renovaveis-transicao-energetica>
- Energy Sage. (10 de julho de 2021). *"Choosing a battery: how to pick the best solar battery for you"*. Obtido em 2021 de novembro de 2021, de Energy Sage: <https://www.energysage.com/energy-storage/how-to-get-storage/choosing-battery/>
- EU. (10 de setembro de 2015). *"Pacote clima-energia 2020"*. Obtido em 7 de março de 2021, de publications.europa.eu: http://publications.europa.eu/resource/cellar/49c57f2a-3d7a-41d3-9471-fc2734119eba.0020.02/DOC_1
- Europa. (abril de 2021). *"Electricity price statistics"*. Obtido em 1 de maio de 2021, de ec.europa.eu: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Electricity_price_statistics#Electricity_prices_for_household_consumers
- Huawei. (20 de fevereiro de 2022). *User Manual*. Obtido de https://autosolar.es/pdf/SmartLogger_3000A_manual.pdf

- iberdrola. (2021). *"A descarbonização da economia exige uma eletrificação maciça no curto prazo"*. Obtido em 22 de maio de 2021, de iberdrola: <https://www.iberdrola.com/quem-somos/energetica-do-futuro/descarbonizacao-economia-principios-aco-es-regulacao/descarbonizacao-eficiente-economia>
- ipma. (setembro de 2021). *"Monitorização da Seca - Índice PDSI - Evolução"*. Obtido em 3 de outubro de 2021, de ipma: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/pdsi/monitorizacao/evolucao/>
- Keravec, M. C. (junho de 2021). *"Energia renovável"*. Obtido em 10 de julho de 2021, de <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/70/renewable-energy>
- Moraes, C. (5 de maio de 2020). *Célula fotovoltaica: Tudo o que você precisa de saber*. Obtido em 10 de outubro de 2021, de eletrônica de potência: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>
- Moutinho, W. T. (2020). *"História da Eletricidade"*. Obtido em Dezembro de 9 de 2020, de Coladaweb: <https://www.coladaweb.com/fisica/eletricidade/historia-da-eletricidade>
- mpptsolar. (s.d.). *"Ligações de baterias em Série e Paralelo"*. Obtido em 15 de novembro de 2012, de mpptsolar: <https://www.mpptsolar.com/pt/baterias-serie-paralelo.html>
- noctula. (s.d.). *"O Guia Essencial para perceber a Energia Solar"*. Obtido em 10 de outubro de 2021, de noctula: <https://noctula.pt/energia-solar/>
- omie. (30 de agosto de 2021). *"Spot hoje"*. Obtido em 30 de agosto de 2021, de omie: <https://www.omie.es/pt/spot-hoy>
- Pickerel, K. (24 de outubro de 2018). Obtido em 23 de outubro de 2021, de Solarpower: <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/10/what-is-a-half-cell-solar-panel/>
- Pickerel, Kelly. (5 de Julho de 2016). *What is PERC? Why should you care?* Obtido de Solar power World: <https://www.solarpowerworldonline.com/2016/07/what-is-perc-why-should-you-care/>
- recurso solar. (s.d.). *Conhecimento básico sobre o recurso solar*. Obtido em 12 de outubro de 2021, de recurso solar: http://recursosolar.geodesign.com.br/Pages/Sol_Rad_Basic_RS.html
- Reis, P. (28 de novembro de 2017). *Portal da energia*. Obtido em 16 de outubro de 2021, de Portal da energia: <https://www.portal-energia.com/principais-tipos-de-celulas-fotovoltaicas-constituintes-de-paineis-solares/>
- Reis, P. (12 de março de 2019). *"Energia solar fotovoltaica"*. Obtido em 22 de maio de 2021, de Portal Energia: <https://www.portal-energia.com/energia-solar-fotovoltaica/>
- review.solar. (s.d.). *tier-1-solar-panels-lis*. Obtido em 10 de novembro de 2021, de <https://review.solar/tier-1-solar-panels-list/>: <https://review.solar/tier-1-solar-panels-list/>
- Rodrigo Amaral e Silva, F. C. (22 de maio de 2022). *EDP Renováveis*. Obtido de https://apesf.pt/images/apesf/pdf/rm41_dossierAC_coletivo.pdf

- Solar, B. S. (s.d.). *"Placas Fotovoltaicas: as 7 Principais Questões Respondidas que Você não Pode Ficar sem Saber"*. Obtido em 1 de novembro de 2021, de Blue Sol Energia Solar: <https://blog.bluesol.com.br/placas-fotovoltaicas/>
- Spiegel, D. C. (s.d.). *"Battery Energy Storage for the PV System"*. Obtido em 15 de novembro de 2021, de Fuel Cell Store: <https://www.fuelcellstore.com/blog-section/battery-energy-storage-for-the-pv-system>
- Static. (s.d.). *Static*. Obtido em 12 de outubro de 2021, de Static: https://static.wixstatic.com/media/fe2549_dbf6c09ac8f54845be54e2b5c1da8cf6~mv2.jpg
- Sul informação. (8 de outubro de 2021). *"Maior central fotovoltaica do país é inaugurada amanhã em Alcoutim"*. Obtido em 12 de outubro de 2021, de Sulinformação: <https://www.sulinformacao.pt/2021/10/maior-central-fotovoltaica-do-pais-e-inaugurada-amanha-em-alcoutim/>
- Sunenergy a. (2021). *"Sobre nós"*. Obtido em 1 de maio de 2021, de Sunenergy: <https://www.sunenergy.pt/empresa-de-energias-renovaveis/>
- Sunenergy b. (2021). *"SunEnergy aumenta volume de negócios em 75% no primeiro semestre de 2021"*. Obtido em 3 de agosto de 2021, de Sunenergy: SunEnergy aumenta volume de negócios em 75% no primeiro semestre de 2021
- Sunenergy c. (3 de agosto de 2021). *"Manual do Sistema de Gestão da Qualidade"*. Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Sunergia. (4 de Abril de 2019). *"Novas células PERC para painéis solares de alto desempenho"*. Obtido em 20 de outubro de 2021, de Sunergia: <https://sunergia.com.br/blog/novas-celulas-perc-para-paineis-solares-de-alto-desempenho/>
- Svarc, J. (20 de março de 2020). *"Solar Panel Construction"*. Obtido em 2021 de novembro de 2021, de cleanenergyreview: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>
- Svarc, Jason. (20 de Março de 2020). *Clean energy reviews*. Obtido em 26 de outubro de 2021, de Solar Panel Construction: <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/solar-panel-components-construction>
- Vendramell, E. F. (s.d.). *tier-1-2-ou-3-voce-sabe-a-diferenca/*. Obtido em 10 de novembro de 2021, de loja.l8energy: <https://loja.l8energy.com/noticias/tier-1-2-ou-3-voce-sabe-a-diferenca/>
- wikipedia a. (2021). *"Alexandre Edmond Becquerel"*. Obtido em 23 de maio de 23, de wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alexandre_Edmond_Becquerel
- wikipedia b. (15 de janeiro de 2021). *"Silício"*. Obtido em 23 de maio de 2021, de wikipedia: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sil%C3%A9cio>
- wikipedia c. (27 de julho de 2021). *Radiação Solar*. Obtido em 10 de outubro de 2021, de wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_solar

Referências

- wikipédia d. (27 de julho de 2021). *Radiação Solar*. Obtido em 12 de outubro de 2021, de Wikipédia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Radia%C3%A7%C3%A3o_solar
- Zani, V. (16 de outubro de 2021). *"Como Funciona a Célula Fotovoltaica"*. Obtido em 16 de outubro de 2021, de engehallrenovaveis: <https://engehallrenovaveis.com.br/artigos/celula-fotovoltaica>

ANEXOS

Anexo 1 - Formulário para dimensionamento de sistemas isolados



Formulário Instalação Fotovoltaica
Autoconsumo

FORMULÁRIO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE FOTOVOLTAICO ISOLADO

1. DADOS DO CLIENTE

Nome:
Endereço de email: Telefone:

2. DADOS DA PROPOSTA

Referência da Proposta: Data:
Executivo comercial:

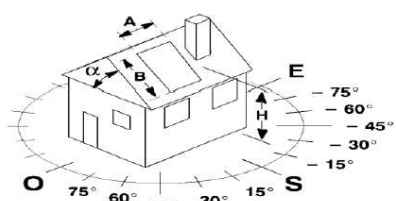
3. DADOS DO LOCAL DA INSTALAÇÃO

Morada:
Localidade: Concelho:

4. TIPO DE MONTAGEM DOS MÓDULOS:

- ☐ COBERTURA PLANA ☐ SEGUIDOR SOLAR
☐ COBERTURA INCLINADA ☐ FACHADA

4.1 MONTAGEM DOS MÓDULOS NA COBERTURA



Inclinação telhado: graus.
Desvio face ao Sul: graus.
Sombreamento:
Largura Útil (A) do telhado: m
Profundidade Útil (B) do telhado: m
Distância (H) Solo/ Paineis: m

Tipo de telhado: (Deve indicar o tipo de telha/ material da cobertura e uma fotografia elucidativa das características da cobertura)

4.2 INSTALAÇÃO E MONTAGEM

Distância entre módulos fotovoltaicos e inversor: m
Distância entre o barramento de entrada e inversor: m

Obs.:

Anexo 2 - Formulário para dimensionamento de sistema ligados á rede



Formulário Fotovoltaico
Ligação a Rede

FORMULÁRIO PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO

1. DADOS DO CLIENTE

Nome:
Endereço de email: Telefone:

2. DADOS DA PROPOSTA

Referência da Proposta: Data:
Executivo comercial:

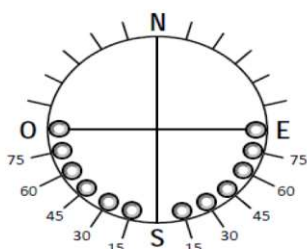
3. DADOS DO LOCAL DA INSTALAÇÃO

Morada:
Localidade: Concelho:

4. TIPO DE MONTAGEM DOS MÓDULOS:

☐ COBERTURA PLANA ☐ SEGUIDOR SOLAR ☐ OUTRA
☒ TELHADO INCLINADO ☐ FACHADA

4.1 MONTAGEM DOS MÓDULOS NA COBERTURA



Inclinação cobertura: graus.
Desvio face ao Sul: graus.
Sombreamento:
Largura Útil da cobertura: m
Profundidade Útil da cobertura: m
Distância Solo/Módulos: m

Tipo de cobertura: (Deve indicar o tipo de telha/ material da cobertura e uma fotografia elucidativa das características da cobertura)

4.2 INSTALAÇÃO E MONTAGEM

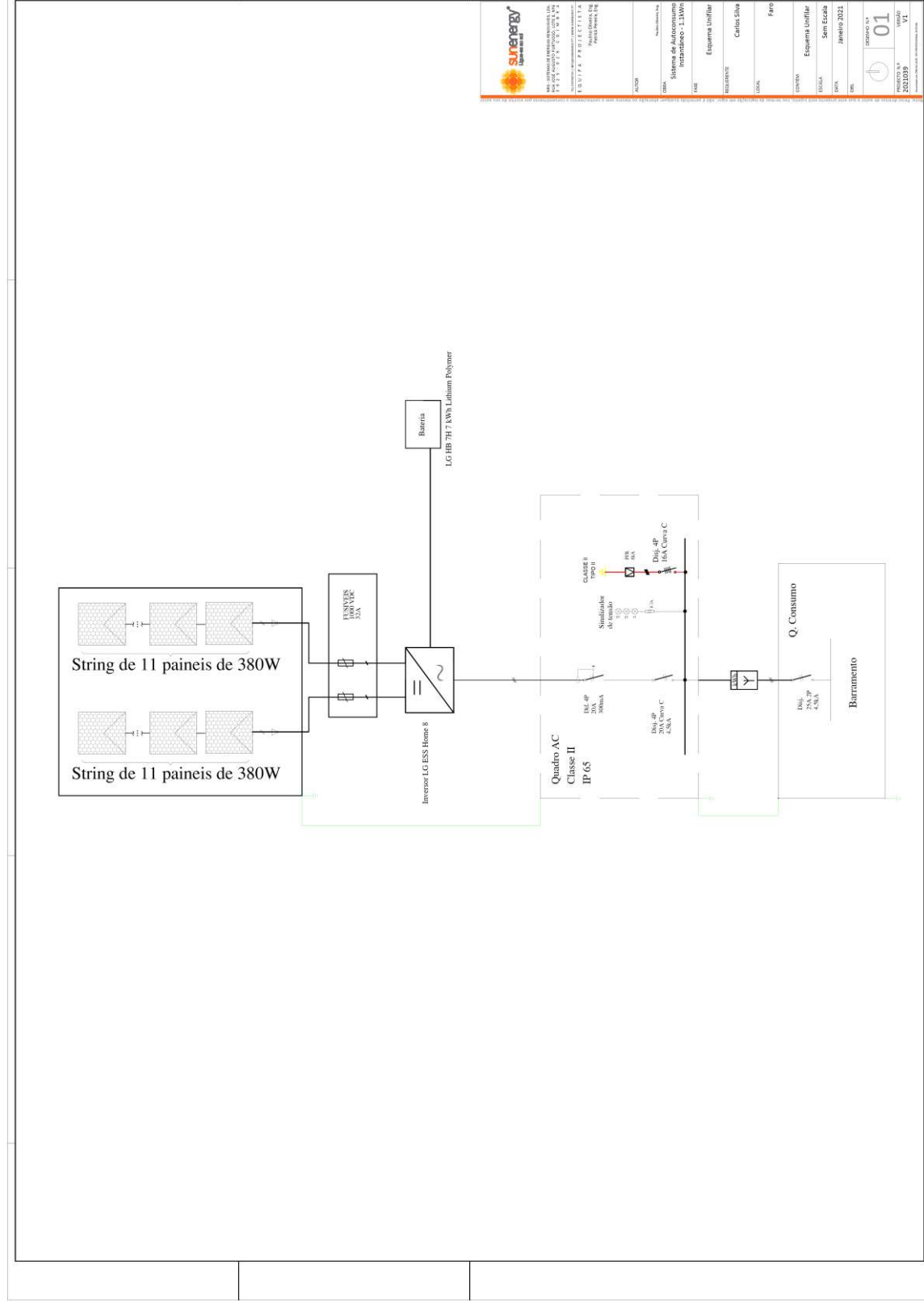
Cópias das facturas relativas ao consumo eléctrico (pelo menos um ano): ☐ Sim ☐ Não
Distância entre os módulos fotovoltaicos e o inversor:
Distância entre o inversor e o contador:
Acessibilidade ao local de instalação:
Existência de Posto de Transformação: ☐ Sim ☐ Não
Existência plano de redução e racionalização de energia ou certificado energético: ☐ Sim ☐ Não



5. CROQUIS E FOTOGRAFÍAS DA INSTALAÇÃO

Foto local dos Módulos	Foto local do Inversor
Foto Local Contador de Produção	Foto Baixada

Anexo 3 - Esquema unifilar mcp



Anexo 4 - Termo de responsabilidade pela instalação elétrica



Instalações Elétricas Termo de responsabilidade

OriginalSunenergy – Sistemas de Energias Renováveis, Lda com sede na Rua José Augusto Frutuoso, Lote 8, nº6, 3025-029 COIMBRA, detentora de alvará n.º 71575 emitido pelo InCI, I.P., com habilitação para o exercício de atividade devidamente enquadrado no regime jurídico aplicável à construção (Lei n.º 41/2015) de instalações de produção de energia elétrica, declara haver executado a unidade de produção que sita em Rua..., Localidade..., CP..., Nome do proprietário da instalação..., abaixo descrita em conformidade com a legislação vigente e as regras técnicas aplicáveis, sob a responsabilidade do técnico Paulino Oliveira, inscrito na OE **como membro efetivo** com o n.º 70874.

Declara-se que a referida unidade de produção se encontra instalada e em condições de entrar em exploração.

Potência instalada	Potência de ligação (caso aplicável)	Fonte	Tecnologia utilizada

(Técnico responsável pela execução)

(Pela gerência)

Ano/mês/dia

Anexo 5 - Datasheet do contador de produção utilizado



SL7000

Medidor Multifunção SMART™

O SL7000 incorpora em um único medidor todas as funções de medida e tarifação exigidas para a medição em clientes comerciais como em clientes industriais.

MEDIDOR DE ENERGIA PARA CLIENTES COMERCIAIS E INDUSTRIAIS

As funções do registrador de perfis de carga são programáveis. O equipamento permite a comunicação local ou remota, atingindo por ambos os meios a atualização da programação.

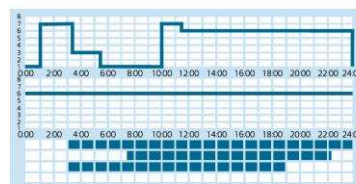
O SL7000 se alimenta dos próprios circuitos de medida de tensão ou da entrada de alimentação auxiliar, quando presente. Possui ampla faixa de medição, o que facilita a utilização do mesmo equipamento numa grande diversidade de instalações.

A possibilidade de adição de consumos de outros equipamentos e a disposição de entrada de pulsos são funções de grande utilidade que na maioria das aplicações permitem a eliminação dos concentradores externos.

APLICAÇÕES CLÁSSICAS DE MEDIÇÃO: CLIENTES POR TARIFA

A grande capacidade de configuração de SL7000 permite programar todas as estruturas tarifárias contempladas pelas normas vigentes incluindo medição de UFER e DMCR para clientes THS.

- » Clientes livres
- » Clientes Cativos Grupo A
- » Medição de fronteiras, atendendo a CCEE/ONS
- » Atende a resolução 163 Eletrobrás para medição de óleo



- » Tarifação

BENEFÍCIOS

- » Medidor Eletrônico Multifunção
- » Precisão e Linearidade
- » Atende às Normas Nacionais e Internacionais
- » Experiência Comprovada em Diversos Mercados
- » Conexão Através de Transformadores para Aplicações Comerciais e Industriais
- » Entradas e Saídas Digitais
- » Medição UFER/DMCR
- » Múltiplas Portas de Comunicação
- » Saída de Usuário

Novas Necessidades: Clientes Qualificados

Nos últimos anos foram aprovadas diversas normas legais que tornaram possíveis a colocação em marcha do novo sistema elétrico. O SL7000 satisfaz todos os requisitos estabelecidos pelas normas legais e os regulamentos desenvolvidos para a medição em pontos de fronteira entre clientes.

Medidas em Pontos de Fronteira

A precisão e a grande linearidade de medida do medidor asseguram a qualidade dos dados obtidos para aplicações de faturamento. As leituras

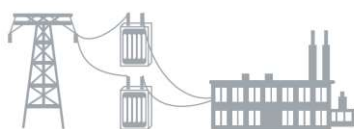
de diversas magnitudes elétricas são utilizadas em aplicações para a supervisão da rede. Por outro lado, os canais simultâneos de comunicação permitem compartilhar os dados recolhidos da instalação entre diversos usuários ou departamentos.

Valor Agregado à Medição

Mediante a aplicação das tecnologias de última geração em metrologia e comunicações, os medidores SL7000 da Itron trazem grandes benefícios tanto para as empresas elétricas como para os consumidores, incorporando valor agregado a cada um dos processos de medição.

VANTAGENS PARA AS EMPRESAS DE ELETRICIDADE

Clientes Qualificados



Redução dos Custos do Estoque

O medidor SL7000 possui uma faixa estendida de tensão de alimentação (autorange). Esta característica permite utilizar o mesmo medidor em diferentes padrões de instalação, tanto em clientes comerciais como industriais.

Redução dos Custos de Leitura

Os ciclos de leitura se reduzem ao mínimo através do armazenamento de todos os dados exigidos para o faturamento e com a capacidade de comunicação que permite o baixo custo da leitura remota do medidor. A adequação dos protocolos disponíveis com as normas mais recentes de comunicação (IEC) facilita a integração do medidor com os sistemas padrões de coleta de dados.

O medidor SL7000 é compatível com vários modelos de comunicação remota disponíveis no mercado.

Redução de Perdas Não-Técnicas

O medidor dispõe de diversas funções de segurança diante de problemas técnicos provocados pela intervenção humana ou tentativas de fraude.

Supervisão da Rede

O medidor SL7000 permite a supervisão das condições da rede, incluindo o registro das anormalidades como acontecimentos simples ou em arquivo. Esta função pode ser utilizada para agir de forma preventiva e/ou corretiva nas condições da rede.

Atualização de Funções

Uma função importante dos medidores SL7000 é a capacidade de atualização de suas funções. O custo da atualização é mínimo permitindo a reutilização do equipamento existente.

Resistência a Ambientes Adversos

Os medidores são planejados e testados para fazer frente a condições ambientais adversas, como perturbações eletromagnéticas e variações nas condições da rede.

Medidas em Pontos de Fronteira



VANTAGENS PARA OS CONSUMIDORES

Supervisão do Consumo

A informação facilitada pelo medidor está disponível em tempo real através de uma porta de comunicação exclusiva de tal modo que os consumidores finais podem supervisionar e controlar o seu consumo de energia.

Supervisão do Fornecimento

A supervisão se realiza baseada em parâmetros disponíveis de qualidade do fornecimento. Os dados obtidos

podem ser utilizados como elemento de verificação quando a qualidade do fornecimento seja um elemento contratual.

Controle do Excesso de Consumo

O medidor SL7000 permite supervisionar o consumo em relação a limites programáveis e podem ativar alguns contatos quando o consumo ultrapassar os limites.

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Energia

- » Medição de energia ativa (bidirecional), relativa (quatro quadrantes) e aparente em valores agregados e fase por fase.
- » Medição de UFER/DMCR
- » Estão disponíveis quatro entradas de pulso que permitem uma gestão adicional da medição (Versão de Entrada/Saída intermediária e estendida)

Curvas de Carga

- » Podem ser registrados até dezesseis canais de curva de carga configuráveis entre as várias magnitudes medidas

Multitarifa

- » Faturamento de energia e demanda máxima
- » Medição de até 10 magnitudes elétricas para faturamento
- » Até 32 registros de tarifação de energia e 24 registros de tarifa de demanda máxima
- » A mudança de tarifação é controlada por um relógio interno. Nas versões de Entrada e Saída, intermediária e estendida, as mudanças de tarifação também podem ser controladas externamente

Qualidade da Tensão

- » Os níveis dos limites de tensão são configuráveis, permitindo uma análise detalhada das variações de tensão
- » SAG / Swell e Interrupção
- » THD

Comunicações

- » Até três canais de comunicação dependendo da versão de medidor
- » Dois canais podem ser usados simultaneamente
- » Incorpora portas de leitura local e remota
- » Saída de Usuário
- » Pode ser fornecido um modem PSTN, GSM/GPRS, RF Mesh ou Conversor Ethernet com capacidade de ser alimentado pelo próprio medidor
- » Conforme DLMS-Cosen
- » Antifraude
- » Abertura de tampa (nº, detalhe das 10 últimas ocorrências)
- » Isolamento de tensão (corrente sem tensão)
- » Ajuste (nº, detalhe da última)
- » Opcional: imunidade e detecção de campo eletromagnético 0,5T a 1,2T
- » Página Fiscal: geração do diagrama fasorial



SL7000



Modem Sparklet

Dados Técnicos

Valores	Tensão:	- 3x57,1/100V até 3x240/415V auto-range - Fonte de alimentação auxiliar (opcional)
	Corrente - Conexão CT:	- In 1A/2,5A/5A, I _{max} 10A
Tipo de Conexão	Conexão em transformadores:	- Disponíveis em 3 e 4 fios
Precisão	Conexão em transformador:	- Classe D, C ou B
	Conexão direta:	- Classe B
Frequência	50Hz/60Hz	
Faixa de Temperatura	-40° até +85°C	
Padrões	Adequação com as normas IEC 61036, IEC 60867 e padrões de marcação CE (metrologicos, elétricos, eletromecânicos, mecânicos, climáticos) INMETRO RTM 431/2007	
Comunicações	Porta ótica (IEC 61107), opcionalmente RS232C e/ou RS485 Protocolo DLMS-COSEN (IEC 62056) Saída de usuário ABNT 14522	
Portaria de Aprovação	INMETRO/DIMEL 299/2007	

Acessórios

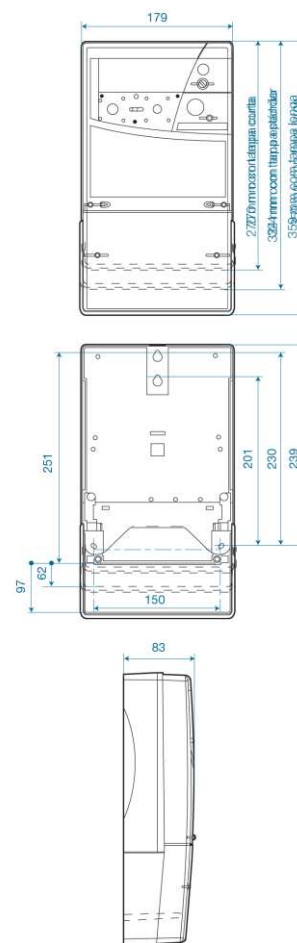
Comunicação	- Modem telefônico, GSM/GPRS, conversor Ethernet auto-alimentados e abrigados sob a tampa do bloco de terminais - Compatibilidade com RF Mesh e Remotas - Cabeamento de conexão para equipamentos externo de comunicação - Porta ótica de comunicações para conexão ao PC
Configuração	- Software do usuário para supervisão do consumo - Software de configuração para empresas elétricas
Documentação	- Certificado de Teste - Manual do Usuário - Manual de Instalação
Tampa	- Curta - Padrão - Longa

A Itron possui sistema de gestão da qualidade certificado e em conformidade com a NBR ISO 9001:2008.

Suporte Técnico

E-mail: suportebr.tecnico@itron.com
Fone: +55 19 3757 1311

Dimensões (mm)



Nossa empresa é líder mundial em soluções inteligentes de medição, coleta de dados e sistemas de gestão de dados, mais de 8.000 concessionárias em todo o mundo contam com nossa tecnologia para otimizar a entrega e o uso de energia e água.

Para tornar seu futuro mais inteligente, comece aqui: www.itron.com

Para mais informações por favor contacte:

ITRON SOLUÇÕES PARA ENERGIA E ÁGUA LTDA.

Av. Joaquim Boer, 792
Americana/SP
CEP: 13477-360

Tel: +55 (19) 3471.8400
Fax: +55 (19) 3471.8410

A Itron se esforça para que o conteúdo de seus materiais de marketing sejam oportunos e precisos. A Itron não faz promessas ou garante a exatidão, integridade, a adequação, e expressamente renuncia a toda responsabilidade por erros e omissões nos materiais. Nenhuma garantia de qualquer espécie, implícita, expressa ou estatutária, incluindo, mas sem limitação, as garantias de não violação de direitos de terceiros, titularidade, comerciabilidade e adequação a um fim específico, é concedida em relação ao conteúdo desses materiais de marketing. © Copyright 2016, Itron. Todos os direitos reservados. EL-0019.1-BR-04-16

Anexo 6 - Certificado d exploração emitido pela DGEG

 Direção Geral de Energia e Geologia	 REPÚBLICA PORTUGUESA ECONOMIA	 Portugal Energia
---	--	--

CERTIFICADO DE EXPLORAÇÃO

UPAC:

Localização da Unidade de Produção para Autoconsumo	
Morada:	
Localidade:	
Código Postal:	

Produtor	
Nome:	
NIF/NIPC:	

Entidade Instaladora/ Técnico Responsável pela Execução	
Entidade Instaladora: NRG - SISTEMAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS LDA	
N.º Alvará: 71575	
Técnico Responsável pela Execução: Paulino Gonçalves Oliveira	
N.º Técnico: DGEG 55870	

Características da Unidade de Produção/ Sistema de contagem			
Solar (kW): 	Hídrica (kW): -	Eólica (kW): -	Biomassa (kW): -
Biogás (kW): -	Não renovável (kW): -		
Potência de Ligação (kW): 			
Inversor(es) n.º(s): 			
Contador de produção n.º: 	Contador de venda n.º: -		
CPE consumo: 	CPE produção: -		
Obs.: -			

Anexo 7 - Minuta para averbamento de potência



Minuta de declaração para pedido de alteração de potência instalada com aumento de potência de injeção na RESP de unidade de autoconsumo (UPAC)

.....⁽¹⁾, com NIF, em representação da sociedade⁽²⁾, NIPC, com sede em, vem solicitar nos termos do Artigo 12.º, do Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro, a alteração de potência instalada do registo n.º⁽³⁾, associada à instalação de utilização com o CPE PT.....⁽⁴⁾ (se aplicável), de kW/kVA para kW/kVA de potência instalada e de kW/kVA para kW/kVA de potência de ligação à IU, conforme informação constante do quadro abaixo.

Alteração pretendida					
	Qtd. Geradores/inversores (⁵)	Modelo/Tipo	Potência (kW)	Potência (kVA)	Potência de injeção (RESP)
Adicionar/Retirar /Substituir					
Adicionar/Retirar /Substituir					

Declaro ainda que o aumento de potência nominal aumenta a potência de injeção na RESP para kW/kVA.

Ao assinar o presente documento, declaro que autorizo a DGEG, enquanto entidade responsável pelo controlo e cadastro da produção de energia eléctrica, proceder ao tratamento dos meus dados pessoais para efeitos do disposto no Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro e legislação complementar.

(o titular atual do registo/
representante da entidade coletiva)

Lisboa, 20___/___/___

Email:

Telefone:

¹ Nome do titular atual do registo (ou representante da entidade coletiva titular do registo, se aplicável)

² Nome da entidade coletiva titular do registo (se aplicável)

³ xxxx/UPAC, xxxx/MCP

⁴ Código de Ponto de Entrega (CPE) do contrato de consumo da instalação de utilização (conforme indicado na fatura de eletricidade)

⁵ Entende-se por gerador, os equipamentos de produção de electricidade. No caso do solar, os painéis fotovoltaicos.

Anexo 8 – Datasheet inversor Huawei SUN2000-60KTL

SUN2000-60KTL-M0 Smart String Inverter



6
MPP Trackers



98.9% (@480V)
Max. Efficiency



String-level
Management



Smart I-V Curve
Diagnosis Supported



Residual Current
Monitoring Integrated



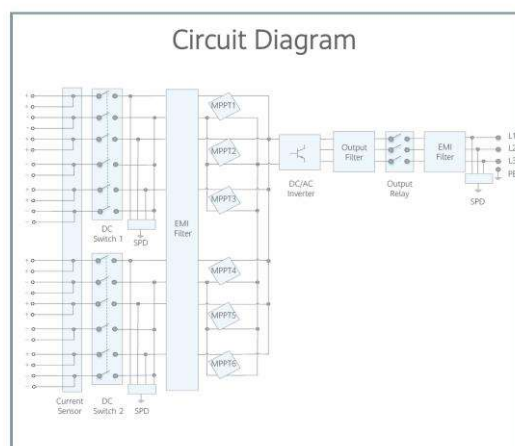
Fuse Free
Design



Surge Arresters for
DC & AC



IP65
Protection



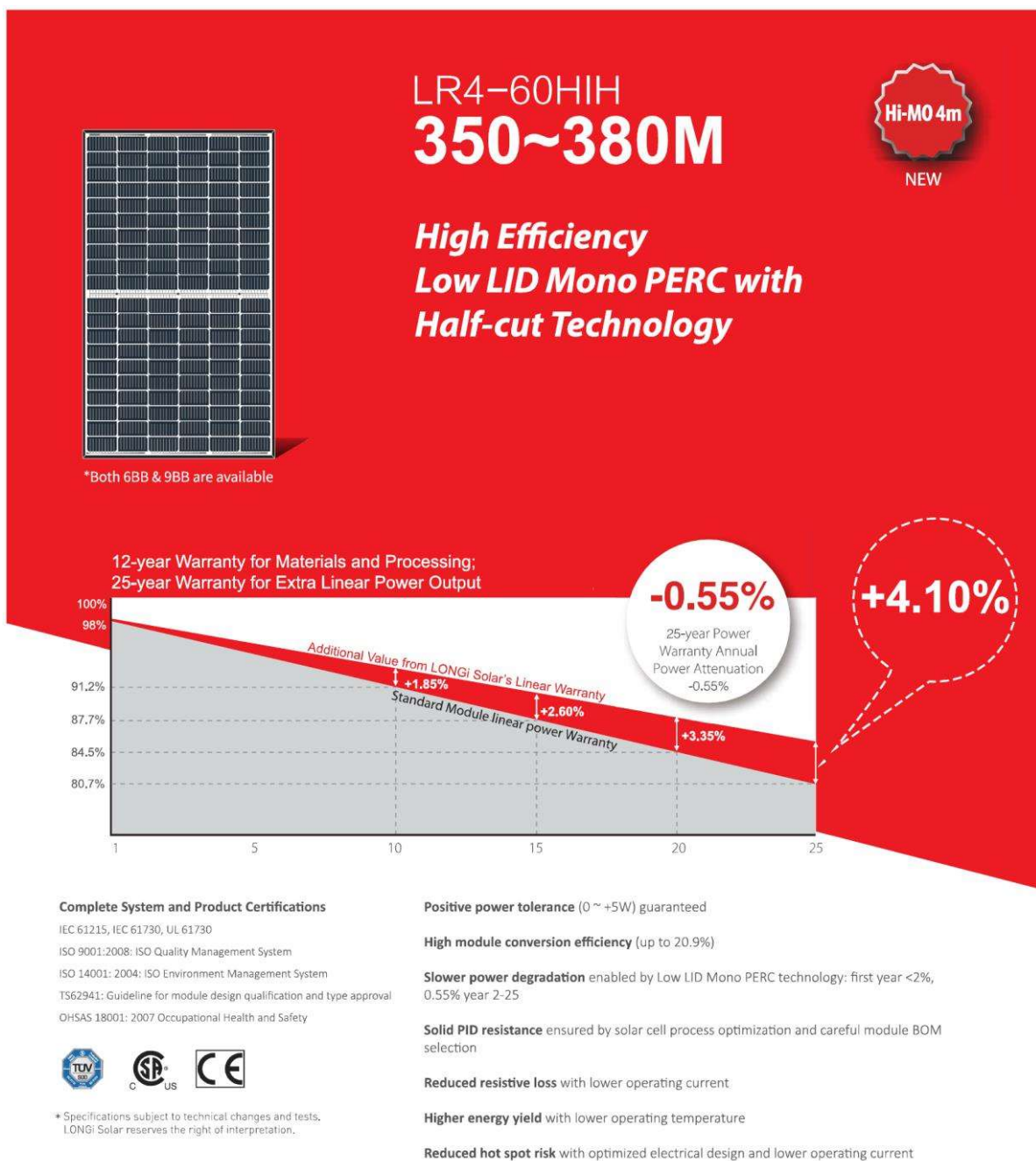
SOLAR.HUAWEI.COM

Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	98.9% @480 V, 98.7% @380 V / 400 V
European Efficiency	98.7% @480 V, 98.5% @380 V / 400 V
Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	720 V @480 Vac, 600 V @380 Vac / 400 Vac
Number of Inputs	12
Number of MPP Trackers	6
Output	
Rated AC Active Power	60,000 W
Max. AC Apparent Power	66,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	66,000 W
Rated Output Voltage	480 V/ 400 V/ 380 V, 3W+(N)+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @480 V, 86.7 A @400 V, 91.2 A @380 V
Max. Output Current	79.4 A @480 V, 95.3 A @400 V, 100 A @380 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth/WLAN + APP
USB	Yes
RS485	Yes
MBUS	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,075 x 555 x 300 mm (42.3 x 21.9 x 11.8 inch)
Weight (with mounting plate)	74 kg (163.1 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Connector + OT Terminal
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificates	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC 61727, ABNT NBR 16149, ABNT NBR 16150, ABNT NBR IEC 62116

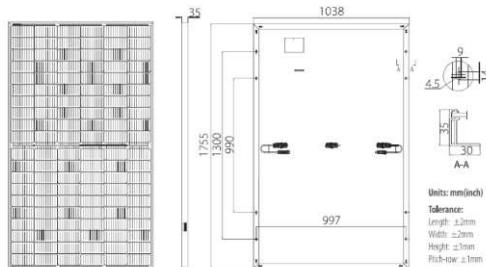
SOLAR.HUAWEI.COM

Anexo 9 Datasheet módulo Longi 375W



LR4-60HIH 350~380M

Design (mm)



Mechanical Parameters

Cell Orientation: 120 (6×20)
 Junction Box: IP68, three diodes
 Output Cable: 4mm², 1200mm in length
 Glass: Single glass
 3.2mm coated tempered glass
 Frame: Anodized aluminum alloy frame
 Weight: 19.5kg
 Dimension: 1755×1038×35mm
 Packaging: 30pcs per pallet
 180pcs per 20'GP
 780pcs per 40'HC

Operating Parameters

Operational Temperature: -40 °C ~ +85 °C
 Power Output Tolerance: 0 ~ +5 W
 Voc and Isc Tolerance: ±3%
 Maximum System Voltage: DC1500V (IEC/UL)
 Maximum Series Fuse Rating: 20A
 Nominal Operating Cell Temperature: 45±2 °C
 Safety Protection Class: Class II
 Fire Rating: UL type 1 or 2

Electrical Characteristics

Test uncertainty for Pmax: ±3%

Model Number	LR4-60HIH-350M		LR4-60HIH-355M		LR4-60HIH-360M		LR4-60HIH-365M		LR4-60HIH-370M		LR4-60HIH-375M		LR4-60HIH-380M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	350	261.4	355	265.1	360	268.8	365	272.6	370	276.3	375	280.0	380	283.8
Open Circuit Voltage (Voc/V)	40.1	37.6	40.3	37.8	40.5	38.0	40.7	38.2	40.9	38.3	41.1	38.5	41.3	38.7
Short Circuit Current (Isc/A)	11.15	9.02	11.25	9.10	11.35	9.17	11.43	9.25	11.52	9.32	11.60	9.38	11.69	9.45
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	33.6	31.3	33.8	31.5	34.0	31.7	34.2	31.8	34.4	32.0	34.6	32.2	34.8	32.4
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.42	8.35	10.51	8.43	10.59	8.49	10.68	8.56	10.76	8.63	10.84	8.69	10.92	8.76

Module Efficiency(%)

19.2

19.5

19.8

20.0

20.3

20.6

20.9

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25 °C, Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20 °C, Spectra at AM1.5, Wind at 1m/s

Temperature Ratings (STC)

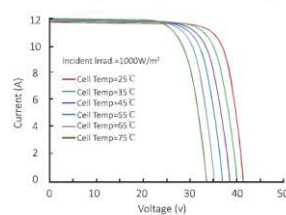
Temperature Coefficient of Isc	+0.048%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.270%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.350%/°C

Mechanical Loading

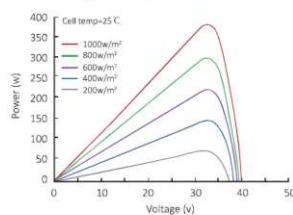
Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

I-V Curve

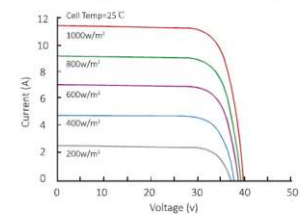
Current-Voltage Curve (LR4-60HIH-365M)



Power-Voltage Curve (LR4-60HIH-365M)



Current-Voltage Curve (LR4-60HIH-365M)



LONGI

Room 801, Tower 3, Lujiazui Financial Plaza, No.826 Century Avenue, Pudong Shanghai, 200120, China
 Tel: +86-21-80162606 E-mail: module@longi-silicon.com Facebook: www.facebook.com/LONGI Solar

Note: Due to continuous technical innovation, R&D and improvement, technical data above mentioned may be of modification accordingly. LONGI have the sole right to make such modification at anytime without further notice; Demanding party shall request for the latest datasheet for such as contract need, and make it a consisting and binding part of lawful documentation duly signed by both parties.

20200622-DraftV01

Anexo 10 - Módulo Jinko JKM465M-7RL3

www.jinkosolar.com

Jinko Solar
Building Your Trust in Solar

Tiger Mono-facial 450-470 Watt

Tiling Ribbon (TR) Technology

Positive power tolerance of 0~+3%

KEY FEATURES



TR technology + Half Cell

TR technology with Half cell aims to eliminate the cell gap to increase module efficiency (mono-facial up to 20.93%)



9BB instead of 5BB

9BB technology decreases the distance between bus bars and finger grid line which is benefit to power increase.



Higher lifetime Power Yield

2.5% first year degradation,
0.6% linear degradation



Best Warranty

12 year product warranty,
25 year linear power warranty



Avoid debris, cracks and broken gate risk effectively

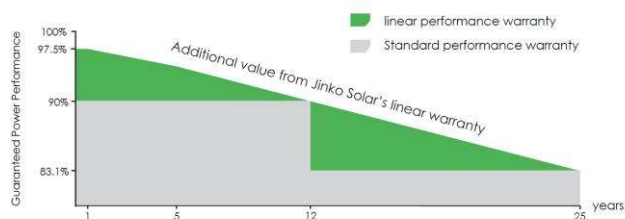
9BB technology using circular ribbon that could avoid debris, cracks and broken gate risk effectively



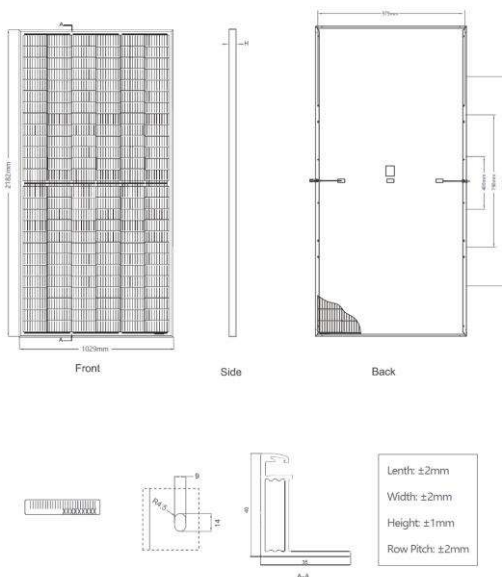
- ISO9001:2015, ISO14001:2015, OHSAS18001 certified factory
- IEC61215, IEC61730 certified product

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

12 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty
0.6% Annual Degradation Over 25 years



Engineering Drawings



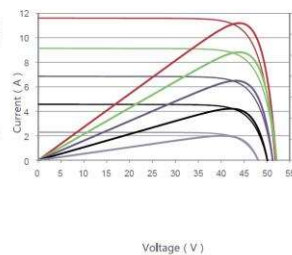
Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

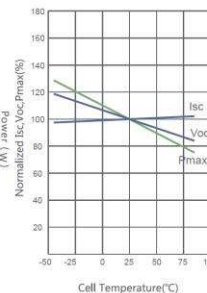
27pcs/pallets, 54pcs/stack, 540pcs/ 40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence

Current-Voltage & Power-Voltage Curves (460W)



Temperature Dependence of Isc, Voc, Pmax



Mechanical Characteristics

Cell Type	P type Mono-crystalline
No. of cells	156 (2x78)
Dimensions	2182×1029×40mm (85.91×40.51×1.57 inch)
Weight	26.1 kg (57.54 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm² (+): 290mm, (-): 145mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM450M-7RL3		JKM455M-7RL3		JKM460M-7RL3		JKM465M-7RL3		JKM470M-7RL3	
	JKM450M-7RL3-V		JKM455M-7RL3-V		JKM460M-7RL3-V		JKM465M-7RL3-V		JKM470M-7RL3-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	450Wp	335Wp	455Wp	339Wp	460Wp	342Wp	465Wp	346Wp	470Wp	350Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	42.86V	39.20V	42.97V	39.32V	43.08V	39.43V	43.18V	39.58V	43.28V	39.69V
Maximum Power Current (Imp)	10.50A	8.54A	10.59A	8.61A	10.68A	8.68A	10.77A	8.74A	10.86A	8.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	51.50V	48.61V	51.60V	48.70V	51.70V	48.80V	51.92V	49.01V	52.14V	49.21V
Short-circuit Current (Isc)	11.32A	9.14A	11.41A	9.22A	11.50A	9.29A	11.59A	9.36A	11.68A	9.43A
Module Efficiency STC (%)	20.04%		20.26%		20.49%		20.71%		20.93%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000/1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

* STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 📱 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5
 NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 📱 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌀 Wind Speed 1m/s
 * Power measurement tolerance: ± 3%

The company reserves the final right for explanation on any of the information presented hereby. TR JKM450-470M-7RL3-(V)-A1-EN

Anexo 11 - Estrutura de fixação ESDEC FlatFix_Fusion



www.esdec.com

AS VANTAGENS DO FLATFIX FUSION



FLEXÍVEL E FÁCIL

- Sistema totalmente modular
- Instalação flexível
- Fácil de montar em volta de obstáculos
- Sistema estético leve
- Instalação simples ou dupla
- Fixação resistente e fiável com porca embutida na base alta e baixa



FIÁVEL

- Design aerodinâmico com cantos arredondados e acabamento liso do material
- Sistema robusto graças aos conectores em paralelo e perpendicular aos módulos
- Defletores de vento concebidos para a máxima segurança
- Testado para cumprir com os padrões internacionais
- 20 anos de garantia



SEGURANÇA PARA O TELHADO

- Para qualquer tipo de telhado
- Suporte de telhado com conectores móveis
- O sistema desacoplado termicamente evita danos no material do telhado
- Pressão de ponto ideal devido ao lastro distribuído
- Ligação terra e equipotencial integrados na base alta e baixa
- Saídas de cabos e guias de cabos (opcionais) para gestão segura de cabos



FÁCIL DE INSTALAR

- Sistema de encaixe fácil de usar
- Clip gestão de cabos e otimizador para a ligação fácil e a remoção segura de cabos
- O clipe de ligação terra pode ser facilmente incorporado no fixador de extremidade
- O clip gestão de cabos e otimizador também pode ser utilizado para a maioria dos micro inversores
- Para a maioria dos módulos fotovoltaicos convencionais (ângulo de inclinação 13°)
- Fixadores de extremidade renovados para uma instalação ainda mais poderosa e fácil

www.esdec.com



INSTALAÇÃO FLEXÍVEL E COMPLETA EM QUALQUER TELHADO

FlatFix Fusion é o sistema de montagem modular e flexível para painéis fotovoltaicos em telhados pequenos e médios. O seu desenho modular permite criar uma configuração personalizada para qualquer tipo de telhado. Com este sistema, os instaladores podem, por exemplo, construir com facilidade em volta de obstáculos - como chaminés. FlatFix Fusion pode ser configurado com uma disposição simples ou dupla. FlatFix Fusion é um produto 100% holandês com provas dadas no mercado nacional. Em 2021, o sistema recebeu uma atualização de uma série de componentes, o que não só torna a instalação ainda mais fácil para o instalador, mas também aumenta ainda mais a segurança do telhado e do sistema fotovoltaico.

Fácil de instalar

Esdec foi concebida por instaladores profissionais, de modo que os interesses do instalador ocupem sempre o primeiro lugar na hora de conceber os nossos produtos. Portanto, simplicidade e flexibilidade foram os pontos de partida no desenho do nosso sistema FlatFix Fusion. As ligações inteligentes de clique facilitam a montagem rápida do sistema. As melhorias introduzidas nos fixadores e defletores de vento tornam a instalação ainda mais fácil.

Segurança para o telhado

Os diferentes componentes são ligados através de ligações de clique rápido. Os suportes de telhado com conectores móveis permitem que o sistema possa ser deslocado (expandir e retrair) para evitar danos no material do telhado. Como resultado, os movimentos térmicos do edifício não se transmitem ao sistema FV e vice-versa. A atualização 2021 inclui uma solução segura e estética para a gestão de cabos: os cabos são guiados pelos defletores de vento com uma guia de saída de cabos.

Fiabilidade

O sistema patenteado FlatFix Fusion foi amplamente testado para garantir a segurança contra incêndio, a resistência ao vento e a corrosão. Com aperto de fixação ainda mais resistente e fiável com uma porca embutida na base alta e baixa. FlatFix Fusion é uma solução de montagem de alta qualidade. Cumpre os padrões internacionais mais estritos e é fornecido com uma garantia de 20 anos.

VANTAGENS PARA O INSTALADOR

- ✓ Solução de montagem modular com ligação de clique
- ✓ Instalação flexível em qualquer telhado
- ✓ Conector terra e ligação equipotencial integrados
- ✓ Fácil de instalar com grampo otimizador e clipe de cabo integrado

VANTAGENS PARA O CONSUMIDOR FINAL

- ✓ Configuração específica do telhado
- ✓ Seguro e fiável
- ✓ Sem danificar o material do telhado
- ✓ 20 anos de garantia

SUN2000-33KTL-A Smart PV Controller



Smart

8 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.6%



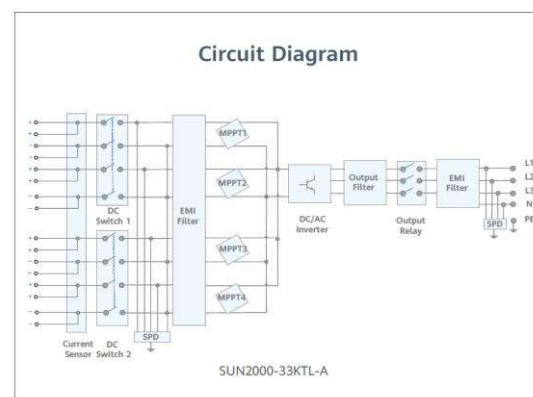
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

SUN2000-33KTL-A
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-33KTL-A
Efficiency	
Max. Efficiency	98.6%
European Efficiency	98.4%
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	22 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	30 A
Start Voltage	250 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	620 V
Number of MPP trackers	4
Max. input number per MPP tracker	2
Output	
Rated AC Active Power	30,000 W
Max. AC Apparent Power	33,000 VA
Max. AC Active Power	30,000 W
Rated Output Voltage	230 V / 400 V, 3W + N + PE;
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	43.3 A
Max. Output Current	48 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 leading... 0.8 lagging
Max. Total Harmonic Distortion	< 3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED indicators; WLAN adaptor + FusionSolar APP
RS485	Yes
USB	Yes
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (isolation transformer required)
General Data	
Dimensions (W x H x D)	930 x 550 x 283 mm (36.6 x 21.7 x 11.1 inch)
Weight (with mounting plate)	62 kg (136.7 lb.)
Operating Temperature Range	-25 °C ~ 60 °C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Natural Convection
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Amphenol Helios H4
AC Connector	Waterproof PG Terminal + OT Connector
Protection Degree	IP65
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	< 2.5 W
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116
Grid Code	IEC 61727, VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, C10/11, EN 50438-Turkey, ABNT

^{*1} The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.

^{*2} Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

Version No.:04-(20201006)

SOLAR.HUAWEI.COM/EU/

SUN2000-100KTL-M1
Smart PV Controller



Smart

Smart I-V Curve Diagnosis supported



Efficient

Max. efficiency 98.8%



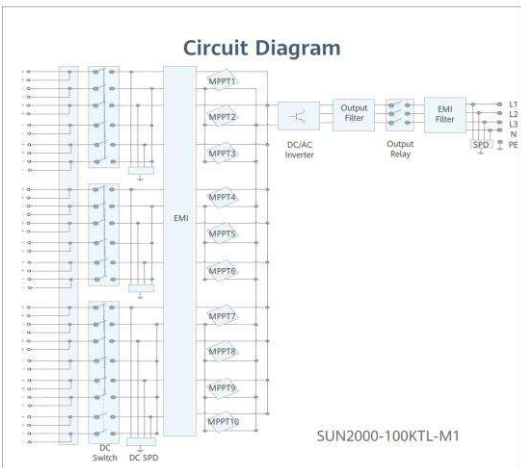
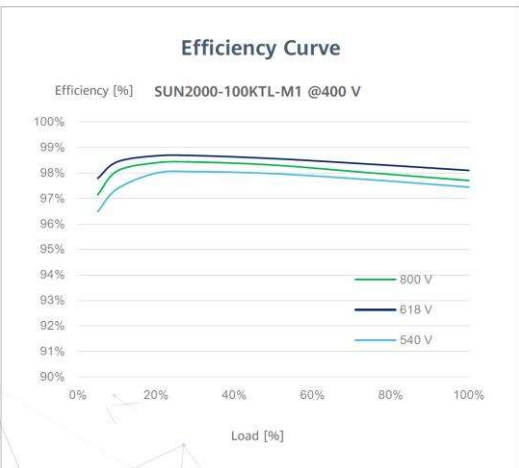
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



SOLAR.HUAWEI.COM

SUN2000-100KTL-M1
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-100KTL-M1
Efficiency	
Max. Efficiency	98.8% @480 V; 98.6% @380 V/400 V
European Efficiency	98.6% @480 V; 98.4% @380 V/400 V
Input	
Max. Input Voltage	1,100 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	570 V @380 V; 600 V @400 V; 720 V @480 V
Number of Inputs	20
Number of MPP Trackers	10
Output	
Rated AC Active Power	100,000 W (380 V / 400 V / 480 V @40°C)
Max. AC Apparent Power	110,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	110,000 W
Rated Output Voltage	220 V / 230 V, default 3W + N + PE; 380 V / 400 V / 480 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	152.0 A @380 V; 144.4 A @400 V; 120.3 A @480 V
Max. Output Current	168.8 A @380 V; 160.4 A @400 V; 133.7 A @480 V
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, APP
RS485	Yes
USB	Yes
MBUS	Yes (isolation transformer required)
General Data	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365mm (40.7 x 27.6x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	90 kg (187.4 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Night Time Power Consumption	≤ 3.5 W
Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, IEC 62116
Grid Connection Standards	EN 50530, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683



Version No.01-(20190716)

SOLAR.HUAWEI.COM



MAGNUM CAP SOLUÇÕES DE CARGA CC

Com o intuito de atender às necessidades específicas dos clientes, a MAGNUM CAP possui uma linha completa de carregadores rápidos em CC, com uma potência de saída variável entre 15 e 350 kW e a opção de um a três cabos de carregamento em simultâneo. Os nossos carregadores em CC apresentam um design urbano e compacto, de modo a otimizar o seu funcionamento em locais com espaço limitado, oferecem uma elevada eficiência energética e múltiplas opções de interface de carregamento.

MC QCA150H CARREGADOR RÁPIDO CC

A solução atualizada para carga rápida de VE e proteção do investimento. Ideal para carga pública e estações de serviço.

O MC QCA150H é um carregador rápido atualizável. Permite uma configuração, no local, entre 60kW e 180kW, sendo a solução ideal para serviços eficientes e de carga rápida de VEs em espaços públicos e estações de serviço.

O MC QCA150H é um carregador inovador que suporta duas cargas simultâneas em CC e otimiza a taxa de distribuição de carga do local de carregamento. Este equipamento pode ser instalado em qualquer espaço em virtude da sua capacidade de adaptação à potência disponível no local, possibilitando até três sessões de carga simultâneas (CA + 2 CC).

Todos os carregadores MC QCA podem integrar um sistema *backend*, o qual permite definir utilizadores, gestão de energia, operações de carga, consumos e controlo remoto.

MAIN FEATURES

- 3 sessões de carga em simultâneo (2 CC + 1 CA; opcional)
- 2 sessões de carga em CC, em simultâneo, a 30kW-180kW (opcional)
- Arquitetura modular, garantindo elevada flexibilidade e conf. de potência
- Distribuição dinâmica da potência de carga
- OCPP e ligação à rede permitem a integração em um sistema
- Interface gráfica de utilizador 7" para estado da carga e publicidade
- Identificação do utilizador através de leitor RFID e ISO 15118
- Carregador de design robusto, compacto e urbano (IP54)
- 96% de eficiência energética

MAGNUM CAP





ESPECIFICAÇÕES

PART NUMBER **MC QCA150H**

Descrição Carregador de 180 kW Triplo CC
Suporta a nova geração de VEs de 1000V

POTÊNCIA DE ENTRADA

CA - Tensão de entrada Frequência	400 VCA +/- 10%, 3P+N+PE, 50/60 Hz
CA - Corrente de entrada	270 A
Fator de potência	0.99 à potência nominal de saída
Potência de entrada	187 KVA / 230 KVA (com 43KW CA)
THD	< 5%
Eficiência	96% à potência nominal de saída

POTÊNCIA DE SAÍDA

CC - Tensão de saída	150 – 1000 VCC
CC - Corrente de saída máx.	0 - 200 ACA (200A @ 800V)
CC - Potência de saída	80 kW máx. @ 400V, 160kW máx @ 800V
CC - Tensão de ondulação + ruído	500 mVp-p
CC - Corrente de ondulação (typ.)	<1 Arms @ Potência nominal (medido com uma carga resistiva)
CA - Tensão de saída	400 V (igual à tensão de entrada)
CA - Corrente de saída	3P 64 A máx.
CA - Potência de Saída	43 kW máx.

PROTEÇÕES

Proteções Sobrecarga, Queda/Sobretensão, Curto circuito, Fuga à terra, Sobreaquecimento, Porta aberta, Botão de emergência

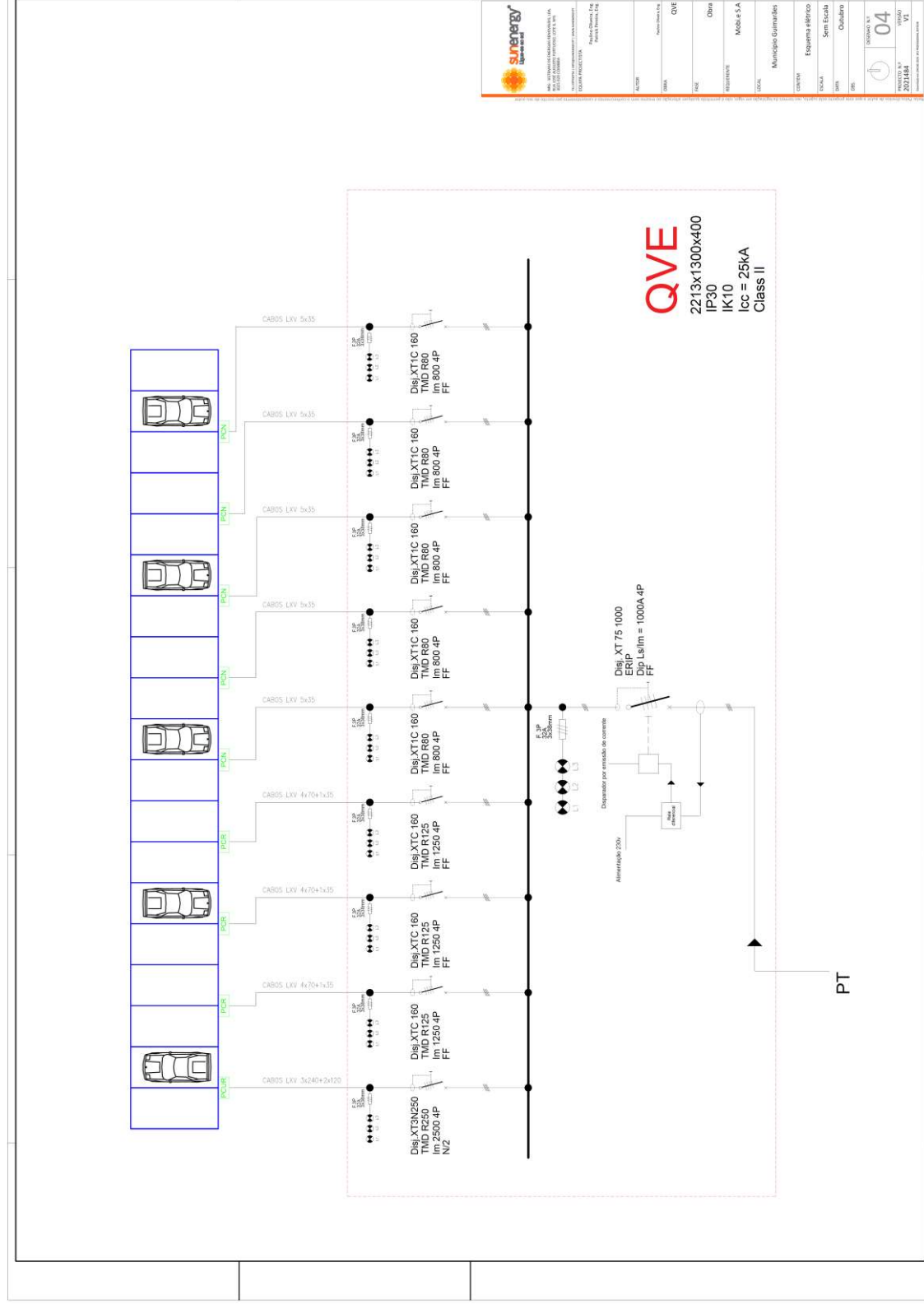
INTERFACE DE UTILIZADOR E SISTEMA DE CONTROLO

CC - Tipos de cabo	Opções: CCS2, CCS1, CHAdemo
CA - Tipos de cabo	Opcional: cabo Tipo 2 de 43kW IEC62196-2
HMI	LCD gráfico de 7" (800x480), botões de pressão para comando
Idiomas	Bilingue (PT e EN)
Botão de emergência	1 botão de emergência (STOP)
Opções de carga	Configurável até 3 cargas simultâneas: 2 CC + 1 CA
Gestão de energia	Distribuição de carga dinâmica configurável (2 CC opcional)
Autenticação	ISO / IEC 14443 A / B Leitor RFID Mifare
Interface de rede	Ethernet, GSM/3G/4G, WLAN, Bluetooth (opcional)
Protocolo de comunicação	OCPP 1.6 JSON atualizável, outros mediante solicitação

MECÂNICA E AMBIENTE

Temperatura de funcionamento	-20° C a +50° C, diminuição da capacidade entre +50° C e +60° C
Humidade	5% a 90% de humidade relativa, sem condensação
Altitude	< 4.000 m
Nível de proteção	IP54 / IK10 de acordo com IEC 62262
Refrigeração	Ventilação forçada
Comprimento do cabo de carregamento	3 m (standard) – máx. 7,5 m (opcional)
Dimensão (L x P x A)	715 x 650 x 2000 mm
Peso (depende da configuração)	330 kg

Anexo 15 -Esquema Unifilar BT QVE



Anexo 16 - Ficha eletrotécnica

FICHA ELETROTÉCNICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(emitido nos termos do disposto no artigo 12.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 - Requerente/Entidade Exploradora

Nome:	Mobi.E, S.A	NIF/NIPC:	509767605
Telefone:	+351 910 312 767	E-Mail:	Goncalo.Pacheco <goncalo.pacheco@mobie.pt>
Morada:	Av. Eng. Duarte Pacheco nº19, 6º, Lisboa		
C. Postal:	1070-100		

2 - Técnico Responsável

Nome:	Paulino Gonçalves Oliveira	NIF:	236600958
Telefone:	+351961653584	E-Mail:	paulinooliveira@sunenergy.pt
		N.º DGEG:	55870

3 - Localização do imóvel

Freguesia:	Guimarães	Concelho:	Guimarães	Distrito:	Guimarães
Entrada ⁽¹⁾ principal (Lugar/Rua):	E1	R. Teixeira de Pascoais	Coordenadas GPS:	41.44806312751678	
Outra Entrada ⁽¹⁾ do Imóvel:			Coordenadas GPS:	-8.298131644699916	
Outra Entrada ⁽¹⁾ do Imóvel:			Coordenadas GPS:		

Inserir linha

4 - Caracterização do imóvel

Descrição do Imóvel:	Outros	Instalação:	Nova
Classificação das instalações ⁽²⁾ :	Parques de estacionamento cobertos	Total Ramais:	0

5 - Instalação Elétrica

Tipo da Instalação ⁽³⁾	Entrada do Imóvel	Ramal N.º	NIP ⁽⁴⁾ (existente)	CPE ⁽⁵⁾ (existente)	Andar	Fração	Tipo utilização individual ⁽⁶⁾	Entrada	Total Instalado (kVA)	Fator de Simultaneidade	Potência a Alimentar (kVA)
B	E1	1					Ponto de carregamento de veículos elétricos	Trif	630,00	1,00	630,00
											0,00
											0,00
											0,00
											0,00

Inserir linha

Tipo de Instalação	Potência Total Instalada (kVA)
Tipo A: geradores de segurança e de socorro	0,00
Tipo B: instalações alimentadas em MT/AT/MAT	630,00
Tipo C: instalações alimentadas em BT	0,00

Declaro que a informação apresentada caracteriza a instalação elétrica.

2021/11/30

(Data e assinatura do técnico responsável)

FE_v.20190102

(1) Localização (Rua e numeração de porta ou Lugar) do(s) ponto(s) de entrega ao imóvel (ramais de alimentação).

Caso a instalação de utilização seja alimentada por um ramal próprio, deve mencionar a respetiva localização.

(2) Conforme Anexo I do Despacho n.º 1/2018 da DGEG.

(3) Conforme art.º 3.º do Decreto-Lei nº 96/2017. Para instalações do "Tipo A", de socorro ou segurança, indicar a "Entrada", "Ramal N.º", "NIP" e "CPE" da instalação de utilização a que está associado.

(4) NIP - Número de Identificação do Prédio. Caso ainda não esteja atribuído, colocar "-".

(5) CPE - Código do Ponto de Entrega (conforme art.º 229º do RRC). Caso ainda não esteja atribuído, colocar "-".

(6) Conforme Anexo II do Despacho n.º 1/2018 da DGEG.

Anexo 17 - Identificação do projeto

Anexo 1.1

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR (artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 Promotor / Entidade Exploradora					
Nome:	Mobi.E, S.A				
Telefone:	+351910312767	E-mail:	Gonçalo Pacheco <goncalo.pacheco@mobie.pt>	NIF:	509767605
Morada:	Av. Eng. Duarte Pacheco nº19, 6º, Lisboa				
C. Postal:	1070-100				

2 Técnico responsável pelo projeto					
Nome:	Paulino Gonçalves Oliveira				
N.º BI/CC:	12768007				
Telefone:	961653584	E-mail:	paulinooliveira@sunenergy.pt	NIF:	236600958
N.º DGEG:	55870	N.º OE:	70874	N.º OET:	
Morada:	Rua das preguiças, n296				
C. Postal:	3240-668 Fazenda- Santiago da Guarda				

3 Identificação do imóvel					
Lugar/Rua:	R. Teixeira de Pascoais				
Freguesia:	Guimarães				
Concelho:	Guimarães	Distrito:	Guimarães		
Coordenadas GPS:	41.44806312751678			NIP:	
Tipo de estabelecimento:	-8.298131644699916				
Tensão da RESP [kV]:	15	Potência a alimentar pela RESP [kVA]:	630		

4 Identificação da instalação elétrica			
Tipo de instalação	Instalação nova	Instalação existente	Observações
SE/PS/PTC			
Rede MT/AT	x		Posto de carregamento de veículos elétricos
Rede BT			
Instalação de utilização MT/AT			
Instalação de utilização BT			
Grupos geradores			

Declaro que a informação apresentada identifica a instalação elétrica.
19/10/2021

(Data e assinatura do técnico responsável pelo projeto)

Legenda:

SE: Subestações; PS: Postos de Seccionamento; PTC: Postos de Transformação de Consumo.
RESP: Rede Elétrica de Serviço Público; MT/AT: Média e Alta Tensão; BT: Baixa Tensão.

Anexo 18 - Termo de responsabilidade pelo projeto

Anexo 1

TERMO DE RESPONSABILIDADE PELO PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE SERVIÇO PARTICULAR

(artigo 5.º do Decreto-Lei n.º 96/2017, de 10 de agosto)

1 Promotor / Entidade Exploradora

Nome:	Mobi.E, S.A				
Telefone:	+35191031 2767	E-mail:	Gonçalo Pacheco <goncalo.pacheco@mobie.pt>	NIF:	509767605

2 Técnico responsável pelo projeto

Nome:	Paulino Gonçalves Oliveira				
N.º BI/CC:	12768007				
Telefone:	961653584	E-mail:	paulinooliveira@sunenergy.pt	NIF:	236600958
N.º DGEG:	55870	N.º OE:	70874	N.º OET:	
Morada:	Rua das Pregueiras n296				
C. Postal:	3240-668 Fazenda – Santiago da Guarda				

3 Identificação do imóvel

Lugar/Rua:	R. Teixeira de Pascoais		
Freguesia:	Guimarães		
Concelho:	Guimarães	Distrito:	Guimarães
Tipo de estabelecimento:	Carregador de veículos elétricos		

4 Identificação da instalação elétrica

NIP:		Instalação nova	x
CPE(s):		Instalação existente	

Declaro que se observam, no projeto de execução, a disposições regulamentares em vigor, bem como outra legislação aplicável.

Declaro também que o projeto simplificado está em conformidade com o projeto de execução, no que respeita às disposições regulamentares de segurança aplicáveis para efeitos de vistoria/inspeção.

17/09/2021



PAULINO GONÇALVES
OLIVEIRA
2021.09.17 15:13:02 +01'00'

(Data e assinatura do técnico responsável pelo projeto)

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging



FRONIUS GALVO

The future-proof inverter for small self-consumption systems



SnapInverter
Technology



HF transformer
switchover



Integrated data
communication



Smart Grid
Ready



Zero feed-in

With power categories ranging from 1.5 to 3.1 kW, the Fronius Galvo is perfect for households – and is especially suitable for self-consumption systems. The integrated energy management relay allows the self-consumption component to be maximised.

A host of other smart features make the Fronius Galvo one of the most future-proof inverters in its class: for example, the integrated datalogging, the simple connection to the internet by WLAN, or the plug-in card technology for retrofitting additional functions.

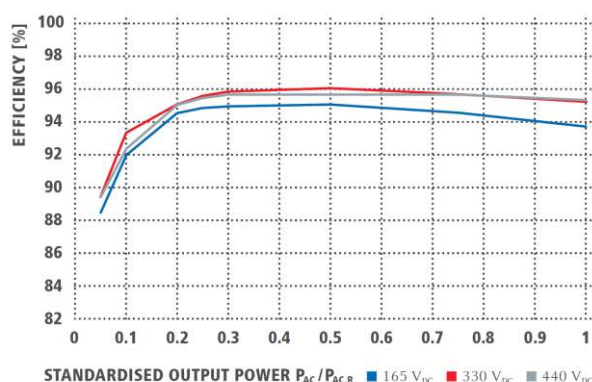
TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

INPUT DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Number of MPP trackers	1				
Max. input current ($I_{dc\ max}$)	13.3 A	17.8 A	16.6 A	19.8 A	20.7 A
Max. array short circuit current	20.0 A	26.8 A	24.8 A	29.6 A	31.0 A
DC input voltage range ($U_{dc\ min} - U_{dc\ max}$)	120 - 420 V			165 - 550 V	
Feed-in start voltage ($U_{dc\ start}$)	140 V			185 V	
Usable MPP voltage range	120 - 335 V			165 - 440 V	
Number of DC connections	3				
Max. PV generator output ($P_{dc\ max}$)	3.0 kW _{peak}	4.0 kW _{peak}	5.0 kW _{peak}	6.0 kW _{peak}	6.2 kW _{peak}

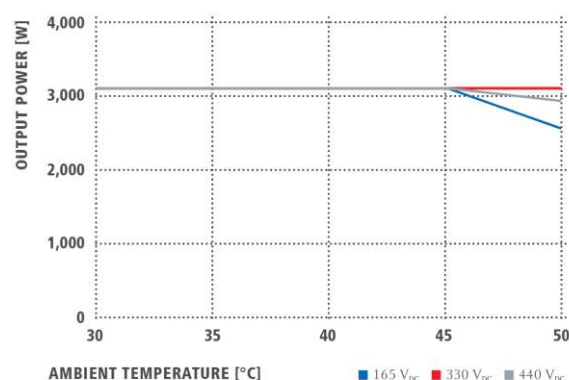
OUTPUT DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
AC nominal output ($P_{ac,n}$)	1,500 W	2,000 W	2,500 W	3,000 W	3,100 W
Max. output power	1,500 VA	2,000 VA	2,500 VA	3,000 VA	3,100 VA
AC output current ($I_{ac\ nom}$)	6.5 A	8.7 A	10.9 A	13.0 A	13.5 A
Grid connection (voltage range)	1 - NPE 230 V (+17% / -20%)				
Frequency (frequency range)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Total harmonic distortion	< 4 %				
Power factor ($\cos \phi_{ac,n}$)	0.85 - 1 ind. / cap.				

GENERAL DATA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Dimensions (height x width x depth)	645 x 431 x 204 mm				
Weight	16.4 kg		16.8 kg		
Degree of protection	IP 65				
Protection class	1				
Overvoltage category (DC / AC) ²⁾	2 / 3				
Night-time consumption	< 1 W				
Inverter concept	HF transformer				
Cooling	Regulated air cooling				
Installation	Indoor and outdoor installation				
Ambient temperature range	-25 - +50 °C				
Permitted humidity	0 to 100 %				
Max. altitude	2,000 m / 3,500 m (unrestricted / restricted voltage range)				
DC connection technology	3x DC+ and 3x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm ²				
AC connection technology	3 pin AC screw terminals 2.5 - 16 mm ²				
Certificates and compliance with standards	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, AS 4777-2, AS 4777-3, AS3100, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1-2, IEC 62116, IEC 61727, CER 06-190, CEI 0-21, EN 50438, G83, G59, NRS 097				

FRONIUS GALVO 3.1-1 EFFICIENCY CURVE



FRONIUS GALVO 3.1-1 TEMPERATURE DERATING



TECHNICAL DATA FRONIUS GALVO

EFFICIENCY	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Max. efficiency	95.9 %	96.0 %		96.1 %	
European efficiency (η _{EU})	94.5 %	94.9 %	95.2 %	95.4 %	95.4 %
MPP adaptation efficiency			> 99.9 %		

PROTECTION DEVICES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
DC insulation measurement		Warning/shutdown (depending on country setup) at RISO < 600 kOhm			
Overload behavior		Operating point shift, power limitation			
DC disconnect		Included			
Reverse polarity protection		Yes			

INTERFACES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
WLAN / Ethernet LAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs and 4 digital inputs/outputs		Interface to ripple control receiver			
USB (A socket) ²⁾		Datalogging, inverter update via USB flash drive			
2x RS422 (RJ45 socket) ²⁾		Fronius Solar Net			
Signalling output ²⁾		Energy management (floating relay output)			
Datalogger and Webserver		Included			
External input ²⁾		S0-Meter Interface / Input for overvoltage protection			
RS485		Modbus RTU SunSpec or meter connection			

¹⁾ Available for countries where 3 kW restrictions apply. ²⁾ Also available in the light version.
Further information and technical data can be found at www.fronius.com.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

THREE BUSINESS UNITS, ONE GOAL: TO SET THE STANDARD THROUGH TECHNOLOGICAL ADVANCEMENT.

What began in 1945 as a one-man operation now sets technological standards in the fields of welding technology, photovoltaics and battery charging. Today, the company has around 3,800 employees worldwide and 1,242 patents for product development show the innovative spirit within the company. Sustainable development means for us to implement environmentally relevant and social aspects equally with economic factors. Our goal has remained constant throughout: to be the innovation leader.

Further information about all Fronius products and our global sales partners and representatives can be found at www.fronius.com

v08 Aug 2017 EN

Fronius India Private Limited
GAT no 312, Nanekarwadi
Chakan, Taluka - Khed District
Pune 410501
India
pv-sales-india@fronius.com
www.fronius.in

Fronius Australia Pty Ltd.
90-92 Lambeck Drive
Tullamarine VIC 3043
Australia
pv-sales-australia@fronius.com
www.fronius.com.au

Fronius UK Limited
Maidstone Road, Kingston
Milton Keynes, MK10 0BD
United Kingdom
pv-sales-uk@fronius.com
www.fronius.co.uk

Fronius International GmbH
Froniusplatz 1
4600 Wels
Austria
pv-sales@fronius.com
www.fronius.com

Anexo 20 Fusion Solar

FusionSolar Smart PV Management System



Better experience

- One APP for all access procedure
- Auto-definition of local components
- Module auto-mapping within 5s



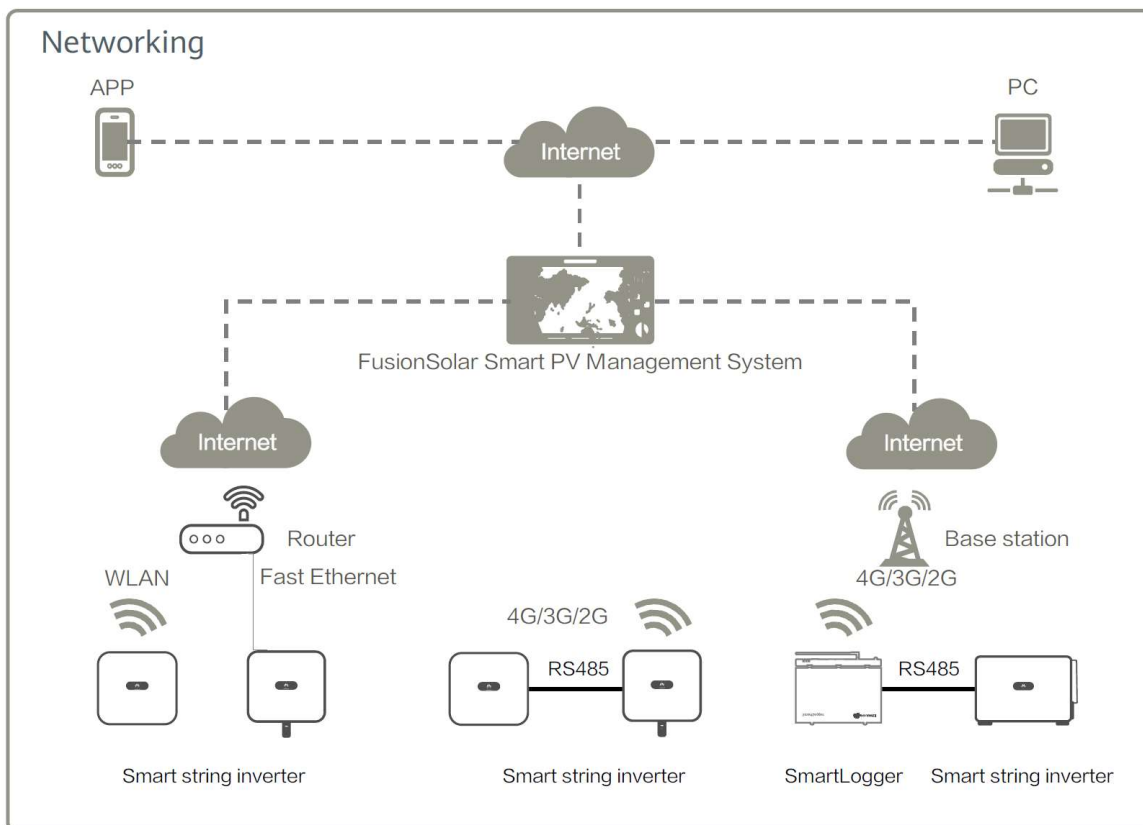
Energy visualization

- KPI Dashboard, centralized management of multiple plants
- Module-level monitoring
- Report subscription and real-time alarm push

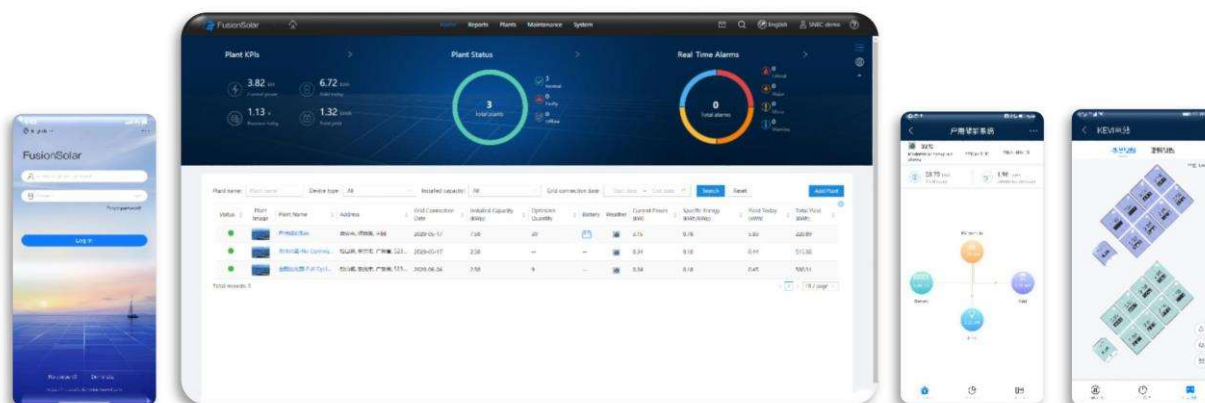


Smart O&M

- One-screen mgmt. of site, personnel, status
- One-click ticket dispatching & site navigation
- Online Smart I-V Curve Diagnosis, 15mins required for a 100MW plant diagnosis



FusionSolar Smart PV Management System



Category	Function	Web	APP
Homepage	PV Plants List	●	●
	Add Plant	●	●
Report Management	Plant Report	●	
	Inverter Report	●	
	Battery Report	●	
Device Management	Device Details	●	●
	Remote Parameter Setting	●	
	Remote Optimizer Search	●	
Intelligent O&M	Real-time Status	●	
	Alarm Management	●	●
	Task Management	●	●
	Smart IV-Curve Diagnose	●	
KPI Dashboard	KPI Dashboard	●	
Homepage of Single Plant	Energy Flow	●	●
	Energy Management	●	●
	Plant Layout	●	●
	Kiosk Mode	●	
System Setting	Plant Management	●	●
	Company Management	●	
Demo	Demo Site	●	●