



isec

Engenharia

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
ELETROTÉCNICA

Projeto e instalação de Sistemas de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos – Estágio na SunEnergy, Lda

Relatório de Estágio de Natureza Profissional para a obtenção do
grau de Mestre em Engenharia Eletrotécnica

Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas de
Energia

Autor

Bruno Miguel Fernandes Esteves

Orientador

Prof. Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira

Prof. Doutora Rita Manuel da Fonseca Monteiro Pereira

Supervisor na empresa SunEnergy, Lda

Engenheiro Paulino Oliveira

Coimbra, abril de 2024

RESUMO

O presente relatório de estágio foi concebido para a unidade curricular "Estágio" do Mestrado de Engenharia eletrotécnica com especialização em Automação e comunicação em sistemas de energia, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). Este descreve e contextualiza todas as tarefas realizadas no âmbito do estágio que se realizou na empresa *SunEnergy*, Lda.

A empresa *SunEnergy*, Lda fornece diversas soluções tais como instalações de sistemas fotovoltaicos, sistemas solar térmicos e ainda sistemas de climatização. O crescimento das instalações fotovoltaicas tem sido cada vez mais importante, tendo proporcionado um crescimento importante desta empresa ao longo destes últimos anos, tornando-la uma empresa importante a nível nacional no domínio das energias renováveis.

O estágio teve início em outubro de 2022 e terminou em junho de 2023, período durante o qual foram desenvolvidas diversas tarefas juntamente com a equipa de engenharia. Ao longo destes 8 meses, não só foi possível aplicar os diversos elementos teóricos adquiridos ao longo da formação académica como adquirir novos conhecimentos práticos e desenvolver competências pessoais e profissionais.

No presente relatório será feito um breve enquadramento sobre as motivações do desenvolvimento das energias renováveis ao longo das últimas décadas e o desenvolvimento e crescimento das células fotovoltaicas. Serão abordados diversos temas tais como o crescimento da energia fotovoltaica em Portugal, análise do panorama atual e previsões futuras e legislação em vigor.

No decorrer do estágio os trabalhos desenvolvidos foram maioritariamente o estudo e dimensionamento de instalações de autoconsumo fotovoltaico (denominadas por Unidades de Produção de Autoconsumo (UPAC)), será demonstrado todo o processo de dimensionamento de uma instalação fotovoltaica, passando pelo primeiro contacto com o cliente, cálculo e dimensionamento do sistema em função dos dados fornecidos, a escolha dos equipamentos a instalar até ao licenciamento da instalação junto da Direção geral de energia e geologia (DGEG).

Palavras-chave: Autoconsumo, Dimensionamento, Energia fotovoltaica, Energias renováveis, Energia Solar Térmica, Licenciamento

ABSTRACT

This internship report was written for the "Internship" curricular unit of the Master's Degree in Electrotechnical Engineering with specialization in Automation and Communication in energy systems, at the Coimbra Higher Institute of Engineering (ISEC). It describes and contextualizes all the tasks carried out as part of the internship at the SunEnergy, Lda company.

The SunEnergy, Lda company provides a range of solutions such as photovoltaic system installation, solar thermal systems and air conditioning systems. The growth of photovoltaic installations has been increasingly important, leading to a significant growth for the company over the last few years, making SunEnergy an important national company in the field of renewable energies.

The internship began in October 2022 and ended in June 2023, during this time various tasks were carried out with the engineering team. Over the course of these 8 months, it was not only possible to apply all the theoretical knowledge acquired during my academic training, as well as acquiring new practical skills and develop personal and professional skills.

This report provides a brief overview of the motivations behind the development of renewable energies over the last few decades and the development and growth of photovoltaic cells. Various topics will be covered, such as the growth of photovoltaic energy in Portugal, analysis of the current panorama and future forecasts and current legislation.

During the internship, the work carried out was mainly study and sizing of photovoltaic self-consumption installations (known as Self-consumption Production Units (UPAC)), the entire process of sizing a photovoltaic self-consumption installation will be demonstrated, from the first contact with the client, calculating and sizing the system based on the data provided, to the choice of equipment to be installed and the licensing of the installation from the Direção geral de energia e geologia (DGEG).

Keywords: Photovoltaic energy, Thermal solar energy, self-consumption, renewable energies, sizing, licensing

Valeu a pena? Tudo vale a pena se a alma não é pequena.

Fernando Pessoa

AGRADECIMENTOS

Após muita luta chego ao fim de mais uma grande caminhada. Caminhada esta que marca o fim de uma das etapas mais importantes da minha vida, tanto a nível pessoal como a nível académico. Ao longo desta caminhada pude ver que a determinação e a perseverança são a chave do sucesso.

Sucesso esse que também devo aos meus pais por mesmo estando longe me ajudaram a não desistir desta longa caminhada. A minha irmã, por me ajudar e aconselhar nos momentos mais complicados desta caminhada.

Quero em também agradecer a toda a equipa da SunEnergy Lda , em particular ao diretor geral Dr. Raul Santos, pela oportunidade de realizar o estágio curricular na empresa, ao engenheiro Paulino Oliveira, meu supervisor na empresa, por todo o apoio e incentivo dado ao longo deste estágio.

Aos meus colegas da equipa de engenharia, Engenheiro Pedro Toscano, Engenheiro Raul Garcia, Engenheiro Bruno Ramos, Engenheiro Alexandre Xavier, pela partilha, ajuda e camaradagem que me proporcionaram uma excelente aprendizagem ao longo deste estágio.

Gostaria também de agradecer aos meus orientadores, Professor Doutor Adelino Jorge Coelho Pereira e Professora Doutora Rita Manuela da Fonseca Monteiro Pereira, por toda a disponibilidade e dedicação prestada ao longo deste percurso.

ÍNDICE

Resumo	i
Abstract	ii
Epígrafe	iii
Agradecimentos	iv
Índice	v
Índice de tabelas	viii
Índice de figuras	ix
Lista de abreviaturas	xii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Objetivos	3
1.3 Organização	4
2 EMPRESA ORIGINAL SUNENERGY, LDA	5
2.1 Descrição sumária da empresa	5
2.2 Mercado e área de negócio	7
2.3 Visão, Valores e Missão	8
2.3.1 Visão	8
2.3.2 Valores	8
2.3.3 Missão	8
2.4 Estrutura organizacional	9
3 Tecnologias de Sistemas Fotovoltaicos	11
3.1 Energia fotovoltaica	11
3.1.1 Energia fotovoltaica na Europa e em Portugal	12
3.1.2 Enquadramento legal em Portugal	14
3.2 Sistemas fotovoltaicos	20

3.3	Tipo de células fotovoltaicas	22
3.3.1	Células monocristalinas	22
3.3.2	Células policristalinas	22
3.3.3	Células de película fina	24
3.3.4	Células Half Cut	25
3.3.5	Células PERC	26
3.3.6	Curvas características das células fotovoltaicas	27
3.4	Módulos Fotovoltaicos	30
3.5	Inversores fotovoltaicos	32
3.5.1	Tecnologia MPPT	33
3.5.2	Inversores On-Grid	33
3.5.3	Inversores Off-Grid	34
3.5.4	Inversores híbridos	36
3.5.5	Micro-inversores	37
4	Processo de aquisição de uma UPAC	39
4.1	Processo de aquisição de um sistema de autoconsumo	39
4.1.1	Visita técnica ao local	40
4.1.2	Escolha dos componentes do sistema e análise de consumos	40
4.1.3	Projeto em <i>PVSOL Premium</i> com modelização 3D	41
4.1.4	Proposta e orçamento final para o cliente	57
4.1.5	Registo no SRIESP da DGEG	60
4.1.6	Esquemas unifilares e termo de responsabilidade	61
4.2	Pós venda e monitorização	64
5	Impactos do fotovoltaico na rede de distribuição elétrica	67
5.1	Efeito <i>Duck Curve</i>	67
5.2	Impacto no mercado elétrico	67
5.3	Injeção de excedente na rede	70
5.3.1	Venda de excedentes	70
5.3.2	Net metering, funcionamento	71
6	Casos de Estudo	73
6.1	Instalação de uma UPAC residencial	73
6.1.1	Caracterização do local	73
6.1.2	Padrão de consumo	73
6.1.3	Análise dos consumos	73
6.1.4	Valores de consumo	74
6.2	Instalação de uma UPAC na Empresa Rotom	76
6.2.1	Caracterização do local	76
6.2.2	Análise dos consumos	77

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

6.2.3	Seleção dos módulos fotovoltaicos	78
6.2.4	Seleção do inversor fotovoltaico	79
6.2.5	Repartição dos módulos por <i>Strings</i>	79
6.2.6	Relatório PVSOL	81
7	Conclusões	85
	Referências bibliográficas	86
	Anexos	91
	Anexo A - Datasheet módulo Risen RSM144-7-430M	92
	Anexo B - Datasheet Inversor Huawei SUN2000-40KTL-M3	94
	Anexo C - Datasheet Contador iTron ACE SL7000	96
	Anexo D - Datasheet módulo Longi Hi-Mo LR4-60HPH 375M	98
	Anexo E - Datasheet Inversor SolaX X1-BOOST G3 3kW	98
	Anexo F - Relatório PVSOL empresa ROTOM	102

ÍNDICE DE TABELAS

3.1	Potência total de Micro/mini produções instaladas de 2008 a 2014	16
3.2	Tipo de instalações de produção DL 153/2014	17
3.3	Tabela de potência instalada - Energia renováveis	18
3.4	Tipo de instalações de produção DL 162/2019	18
3.5	Tabela de preços para registos de UPAC's	19
6.1	Dados de consumo fornecidos pelo cliente	77
6.2	Repartição dos módulos pelos diferentes MPPT's	81

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Potência instalada à nível global até Janeiro 2022 e previsão até 2030 . . .	2
2.1	Logótipo da Sunenergy e Sorigué	5
2.2	Lista e mapa das delegações SunEnergy.	6
2.3	Estrutura interna da empresa Original SunEnergy Lda.	9
3.1	Mapa de potencial de energia fotovoltaica em Portugal	13
3.2	Mapa de potencial de energia fotovoltaica na Europa	14
3.3	Esquema de uma junção pn	20
3.4	Esquema de transição dos eletrões	21
3.5	Painel fotovoltaico composto por células monocristalinas	22
3.6	Painel fotovoltaico composto por células policristalinas	23
3.7	Painel fotovoltaico de película fina	24
3.8	Painel fotovoltaico <i>Half-cut</i>	25
3.9	Strings de um módulo comum	25
3.10	Strings de um módulo <i>Half cut</i>	26
3.11	Diferenças entre uma célula cristalina comum e uma célula PERC	26
3.12	Características elétricas de um módulo fotovoltaico	27
3.13	Curva característica I-V e P-V de uma célula fotovoltaica	28
3.14	Exemplo do fator de forma (FF)	29
3.15	Esquema de ligação de células fotovoltaicas em série	30
3.16	Constituição de um módulo fotovoltaico - Adaptado	30
3.17	Caixa de junção de um módulo fotovoltaico	32
3.18	(1)-Símbolo inversor DC-AC monofásico (2) - Símbolo inversor DC-AC trifásico	33
3.19	Esquema de ligação de uma instalação <i>On-Grid</i>	34
3.20	Esquema de ligação de uma instalação <i>Off-grid</i>	35
3.21	Esquema de ligação de uma instalação inversor híbrido e sistema de armazenamento	36
3.22	Microinversor da marca APsystems	37
4.1	Kits de autoconsumo para instalação monofásica sem armazenamento	39
4.2	Informações sobre o projeto a realizar	41
4.3	Escolha tipo de sistema, dados climáticos e parâmetros de rede	42

4.4	Escolha da localização da instalação	42
4.5	Dados de consumo do cliente	43
4.6	Dados relativos ao consumo do cliente	44
4.7	Importação do diagrama de cargas fornecido pela E-REDES	45
4.8	Diagrama de carga do cliente	45
4.9	Modelização 3D do edifício	46
4.10	Localização do edifício onde será instalada a UPAC	47
4.11	Ferramentas para desenhar o edifício	48
4.12	Ferramentas para desenhar elementos da cobertura	49
4.13	Desenho do perímetro do edifício	50
4.14	Desenho do telhado do edifício	51
4.15	Ferramentas para colocação de módulos	52
4.16	Configuração da estrutura	53
4.17	Seleção das áreas a configurar	54
4.18	Escolha e configuração do inversor	55
4.19	Modelização 3D do edifício	56
4.20	Indicadores principais do projeto	57
4.21	Solução Técnica Proposta	58
4.22	Resumo das garantias do sistema	59
4.23	Estimativa mensal e em 25 anos de poupança e venda	60
4.24	Formulário de registo para uma instalação fotovoltaica (MCP)	61
4.25	Esquema unifilar de uma instalação fotovoltaica	62
4.26	Termo de responsabilidade da empresa instaladora	63
4.27	Sistema de monitorização <i>SolaxCloud</i>	64
4.28	Lista de alertas na plataforma <i>SolaxCloud</i>	65
5.1	Representação gráfica da Duck Curve	68
5.2	Preço energia elétrica no mercado ibérico	69
5.3	Valores de produção em Portugal entre dia 01 e 06 de Novembro 2023	69
6.1	Diagramas de Energia mensais	74
6.2	Diagramas de Energia diários	75
6.3	Entrada principal da Rotom Portugal	76
6.4	Vista aérea dos armazéns	76
6.5	Relatório gerado pela ferramenta <i>PVGIS</i>	78
6.6	Vista aérea da modelização 3D feita no <i>PVSOL</i>	79
6.7	Previsão de rendimento proveniente do <i>PVSOL</i>	82
F.1	Capa do relatório obtido da simulação das instalações da empresa Rotom.	102
F.2	Vista geral do projeto realizado no <i>PVSOL</i>	103
F.3	Esquema unifilar e previsão de rendimento da instalação.	104

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

F.4	Áreas dos módulos fotovoltaicos e resumo.	105
F.5	Linha de horizonte, configuração e informação do inversor e rede elétrica.106	
F.6	Resultados da simulação, sistema completo.	107
F.7	Fluxo de energia produzida,exportada e importada.	108
F.8	Gráficos de utilização da energia fotovoltaica.	109
F.9	Evolução dos custos de energia com e sem um sistema fotovoltaico. . . .	110
F.10	Esquema de ligação dos módulos fotovoltaicos.	111

LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Corrente alternada
ACC	Autoconsumo coletivo
AQS	Águas quentes sanitárias
CER	Comunidade de energia renovável
CEO	<i>Chief Executive officer</i>
DC	Corrente contínua
DL	Decreto Lei
DGEG	Direção-geral de energia e geologia
EVA	Etileno Acetato de Vinilo
GEE	Gases com efeito de estufa
ISC	Corrente de curto-circuito
ISEC	Instituto Superior de Engenharia de Coimbra
ONU	Organização das Nações Unidas
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
UPAC	Unidade de produção de autoconsumo
UPP	Unidade de pequena produção
VOC	Tensão em circuito aberto
SERUP	Sistema Eletrónico de Registo da UPAC e da UPP
SRIESP	Sistema de Registo de Instalações Elétricas de Serviço Particular;

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

Neste capítulo, serão abordados os trabalhos e as tarefas realizadas ao longo deste estágio.

Ao longo deste trabalho pretende-se mostrar o quão importante são as energias renováveis numa altura na qual é mais importante que nunca a sua implementação de forma a tentar reduzir ao máximo possível as emissões de gases nocivos para o meio ambiente e assim preservar a saúde pública da população no geral.

A energia elétrica tornou-se indispensável para a população há longos anos, praticamente todos os equipamentos domésticos necessitam dela. A procura de energia foi crescendo de forma exponencial, a explosão demográfica levou a um aumento significativo do consumo. A Organização das Nações Unidas (ONU) estima que a população atinja aproximadamente os 9 mil milhões de habitantes no planeta terra em 2037.

O aumento da população leva ao aumento do consumo de energia assim como a disponibilidade desta permite esse crescimento. Com estes aumentos a exploração dos diversos recursos naturais tem aumentado de forma importante, o que torna as extrações dos recursos naturais tais que petróleo e carvão mais complexas e dispendiosas [1].

Nos anos 1970 desencadeou-se uma crise petrolífera. Esta crise petrolífera, aliada a explosão demográfica, levou ao aumento da procura de outras formas alternativas de produção de energia elétrica. Diversos cientistas europeus e norte americanos começaram a investigar a possibilidade de aproveitamento do vento e do sol. As tecnologias não eram novas, mas necessitavam de um grande desenvolvimento para que pudessem ser utilizadas em larga escala [2].

Foram vários os fatores que potenciaram a investigação e o interesse pelas energias renováveis, um deles o aumento significativo dos gases a efeito de estufa, foi daí que surgiu o protocolo de Quioto. Este protocolo, assinado em 1992, tinha por principal objetivo a redução dos gases a efeito de estufa, no entanto foi em 1988 que se deram os primeiros passos para a criação deste protocolo. Os países integrantes deste protocolo tinham por obrigação a criação de programas nacionais e definir quotas que visavam a redução de emissões de gases nocivos, deviam também emitir regularmente relatórios sobre a evolução dos níveis de gases nocivos [3].

Esta combinação de eventos levou ao aumento do interesse pelas energias renováveis, as células fotovoltaicas já eram conhecidos, no entanto a sua eficiência era extremamente baixa. Em 1989 com a evolução da investigação e das tecnologias foi possível criar em laboratório a primeira célula do tipo “*passivated emitter and rear cell-PERC*”, esta célula fotovoltaica atingiu uma eficiência de aproximadamente 23%. No entanto estas células não eram economicamente viáveis na época, passaram aproximadamente 25 anos até que fosse possível comercializar este tipo de célula[4]. Atualmente as células do tipo PERC são comuns no mercado.

Entre o ano 2000 e 2010 a potência fotovoltaica instalada a nível global cresceu pouco comparando ao crescimento que se pode observar entre 2010 e 2023. No ano de 2010 estimava-se a potência fotovoltaica instalada a nível global era aproximadamente de 18 GW, nos anos seguintes o crescimento exponencial da potência instalada elevou este valor para 236 GW tal como se pode ver na figura 1.1. Este aumento deve-se ao facto da diminuição do custo dos módulos fotovoltaicos, em 2010 o preço era de aproximadamente 2 dólar por Wp contra cerca de 0,20 dólar por Wp em 2020, o que representa uma queda de cerca de 90% do preço [5].

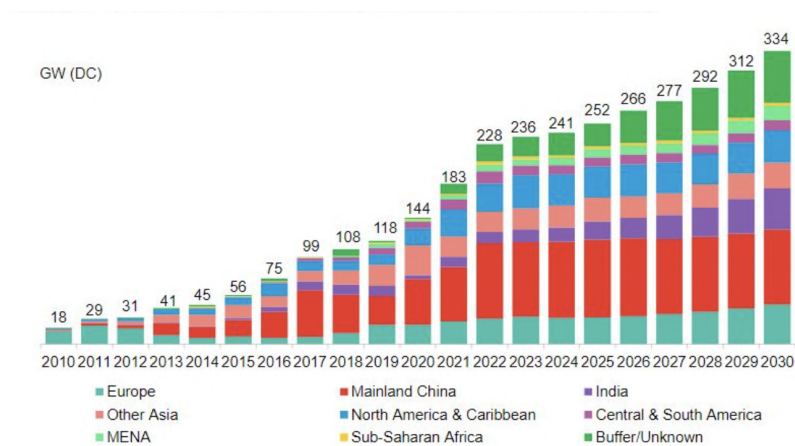


Figura 1.1: Potência instalada à nível global até Janeiro 2022 e previsão até 2030 [6].

Portugal é um país promissor na utilização da energia solar fotovoltaica pela sua localização geográfica privilegiada que lhe permite ter valores de irradiação solares elevados. As instalações fotovoltaicas começam a aparecer em Portugal por volta do ano de 2006, ano no qual é instalada a primeira central fotovoltaica do país. Esta primeira central fotovoltaica fica em Serpa na região do Alentejo, conta com uma capacidade de 11 MW.

No ano de 2010 Portugal tinha apenas 134 MW de capacidade instalada, este valor podia ser mais elevado, no entanto a tecnologia fotovoltaica ainda era pouco conhecida, os seus custos eram elevados e a instabilidade financeira do país não permitiu este tipo de investimento, o que obrigou o país a desistir de determinados projetos fotovoltaicos, foi por isso que entre 2006 e 2016 a potência instalada foi de apenas 600 MW [7].

Nos últimos 10 anos, a evolução das tecnologias, a redução do preço dos equipamentos assim como a recuperação económica do país, começam a surgir um forte interesse no desenvolvimento das novas fontes de energia renováveis. Com a evolução do mercado de energia, começam a ser cada vez mais os pedidos de ligação de centrais solares. Este aumento significativo veio agravar um problema já conhecido, a rede elétrica de serviço público (RESP) não tinha disponibilidade nem capacidade para a quantidade de pedidos de ligação, tornando os títulos de reserva num ativo económico e transacional para quem os conseguisse obter [7].

Em 2014 surge o primeiro decreto de lei, o Decreto-Lei n.º 153/2014, no qual é feito o enquadramento as atividades de produção distribuída. Neste decreto de lei os projetos fotovoltaicos deixam de ser apenas encarados com um projeto financeiro mas também como um projeto de eficiência de consumo. Neste decreto são definidas todas as regras relativas as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e as Unidades de Pequena Produção (UPP).

Entre 2013 e 2020 a potência fotovoltaica instalada mais que duplicou, passando de 297 MW para 749 MW. As UPAC são unidades de produção fotovoltaicas que se destinam ao autoconsumo, este tipo de instalações permite a instalação de um sistema fotovoltaico numa habitação e consumir diretamente a energia produzida pelo sistema. Nos últimos anos o governo português, através do fundo ambiental, permite a atribuição de fundos para apoio ao melhoramento da eficiência dos edifícios, no qual é possível concorrer a obter um apoio para a instalação de um sistema fotovoltaico de autoconsumo. Este apoio permitiu a inúmeras famílias portuguesas a instalação de um sistema de autoconsumo e por sua vez levou a um aumento importante das instalações fotovoltaicas domésticas.

1.2 Objetivos

O estágio curricular teve como principal objetivo desenvolver a componente prática e poder aplicar os conceitos teóricos que foram lecionados ao longo da formação académica, este proporciona uma experiência única e extremamente enriquecedora para o futuro, pois permite uma aproximação do aluno ao mercado do trabalho, facilitando assim a sua integração no mesmo.

Noutro plano, permite o desenvolvimento interpessoal e social, que também tem importância para o futuro. Este permite ainda entender toda a dinâmica que existe em contexto empresarial, tal como o trabalho em equipa ou ainda o sentido da responsabilidade.

Tendo em conta todos estes objetivos, assim como a valorização feita pelas empresas a experiência de trabalho, o estágio torna-se assim a opção preferencial comparando com a realização de uma dissertação ou ainda o desenvolvimento de um projeto.

Ao longo do estágio foram desenvolvidas diversas tarefas, todas dirigidas às energias renováveis. A principal tarefa passou pela realização de projetos de sistemas fotovoltaicos para unidades de produção de autoconsumo. De forma geral foram realizadas as seguintes tarefas:

- Análise de toda a informação fornecida pelo cliente, tais como faturas de energia elétrica ou diagramas de carga.
- Dimensionamento de sistemas de autoconsumo fotovoltaico recorrendo aos diversos softwares disponíveis tais que PVSOL Premium, SolaX Design, SMA Sunny Design, Fronius Solar.web e SolarEDGE Design tool.
- Elaboração de orçamentos tendo em conta todas as necessidades do projeto.
- Monitorização das instalações concluídas de forma a garantir que a produção da mesma se encontra dentro dos parâmetros corretos.
- Elaboração de esquemas unifilares utilizando o software ZWCAD.

1.3 Organização

O presente relatório encontra-se dividido em sete capítulos. Os capítulos encontram-se repartidos da seguinte forma:

- Capítulo 1: Introdução ao relatório no qual é feita a contextualização do tema, enquadramento e motivações que originariam a escolha deste estágio.
- Capítulo 2: Apresentação da empresa no qual foi realizado o estágio assim como toda a sua organização interna.
- Capítulo 3: Enquadramento acerca da energia fotovoltaica, o seu desenvolvimento em Portugal bem como os diferentes sistemas e tecnologias disponíveis atualmente no mercado.
- Capítulo 4: Processo de aquisição para um sistema fotovoltaico para autoconsumo, assim como todas as etapas necessárias para a realização de um projeto para a instalação de uma UPAC.
- Capítulo 5: Os impactos da energia fotovoltaica na rede de distribuição e o impacto das energias renováveis nos mercados de energia elétrica.
- Capítulo 6: Apresentação de dois projetos realizados ao longo do estágio no qual são apresentadas as especificidades técnicas de cada um.
- Capítulo 7: Apresentação das conclusões retiradas através deste relatório assim como do estágio realizado em contexto empresarial.

2 EMPRESA ORIGINAL SUNENERGY, LDA

2.1 Descrição sumária da empresa

Neste capítulo, serão apresentados os diversos aspetos relativos a estrutura da empresa, bem como as diferentes áreas e mercados no qual esta atua.

A empresa *Original Sunenergy, Lda* foi fundada em 2009 em Aveiro, é especializada em energias renováveis, fornece soluções fotovoltaicas e solar térmico para consumidores domésticos e industriais. Esta gere todo o processo, desde o dimensionamento à instalação incluindo a manutenção dos equipamentos instalados. Executa ainda todos os processos necessários referente a parte legal junto da DGEG.

A Original Sunenergy, Lda responde a todos os tipos de clientes, sejam eles particulares ou entidades públicas, o que lhe permite abranger um grande número de possíveis clientes.

Nos últimos anos a empresa Sunenergy tem tido um crescimento importante, chegando a atingir uma taxa de crescimento de 50% no ano de 2022, em relação ao período homólogo [8]. No último semestre do ano 2022 a empresa espanhola Sorigue adquiriu 70% do capital da empresa Portuguesa. A Sorigue é uma empresa com cerca de 70 anos de experiência na área da construção, engenharia e tecnologia. Em 2021 entrou na área das energias renováveis com a compra da empresa espanhola Ecotélia e tem por objetivo desenvolver-se nesta área a nível ibérico.

Na figura 2.1, pode-se observar o logótipo da SunEnergy juntamente com o da Sorigué



Figura 2.1: Logótipo da Sunenergy e Sorigué .

Atualmente a Original SunEnergy, Lda, sediada em Coimbra, conta com 20 delegações a nível nacional, incluído uma delegação no arquipélago dos Açores e no arquipélago da Madeira. Tal como se pode observar na figura 2.2, as delegações encontram-se localizadas em diversas zonas do país. Na área metropolitana de Lisboa a empresa

conta com oito delegações, que estão localizadas em Mafra, Vila Franca de Xira, Odivelas, Cascais, Barreiro, Seixal, Setúbal e Sesimbra. Na zona norte e centro do país a empresa conta com oito delegações que se encontram localizadas em Montalegre, Viana do Castelo, Braga, Viseu, Mangualde, Marinha Grande, Castelo Branco e Caldas da Rainha. Na zona sul a empresa conta com três delegações que se encontram localizadas em Grândola, Albufeira e Faro.

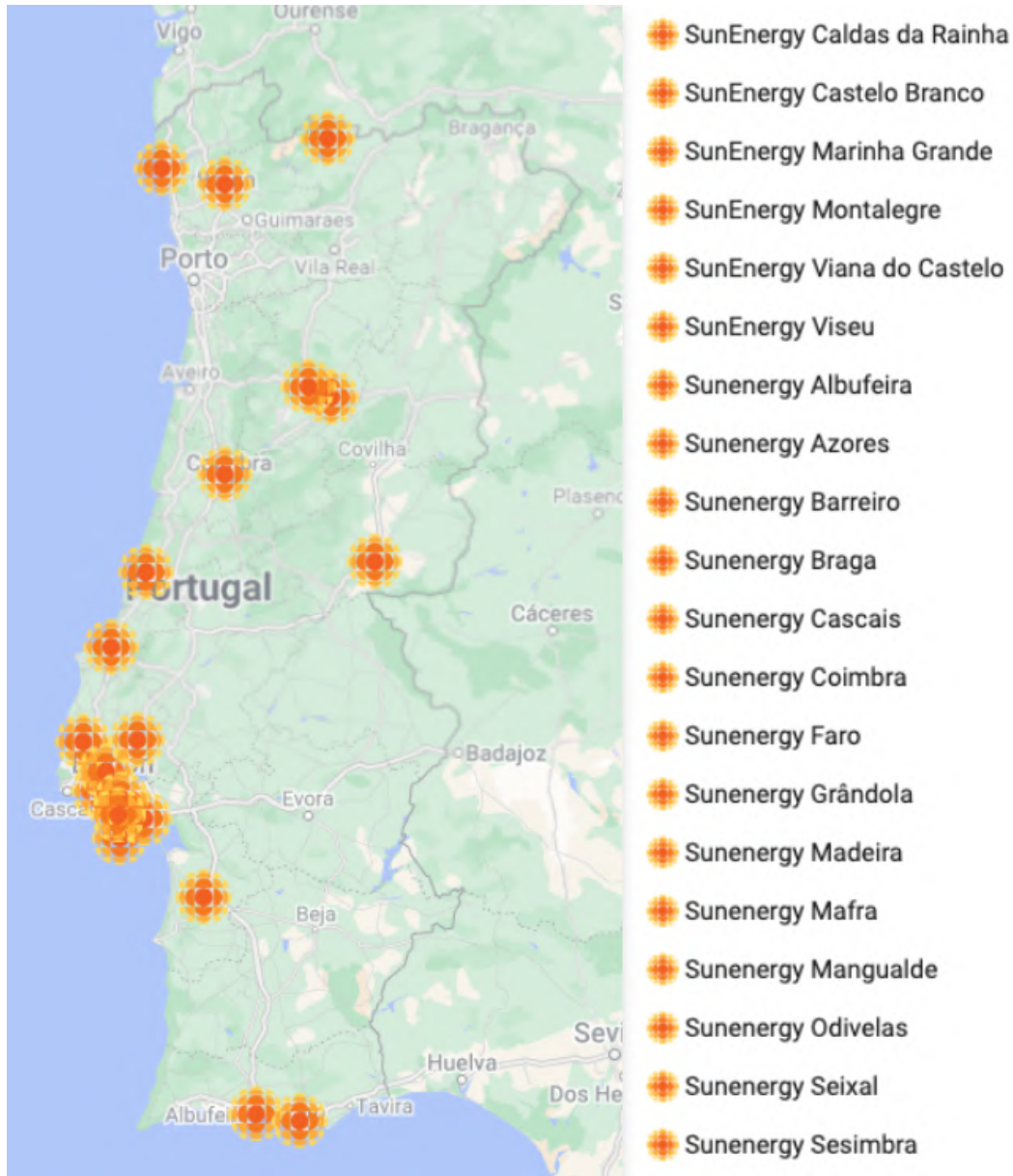


Figura 2.2: Lista e mapa das delegações SunEnergy.

2.2 Mercado e área de negócio

Atualmente o mercado das energias renováveis está a ter um crescimento exponencial, as questões ambientais que hoje se colocam levam a que se invista cada vez mais e se procurem energias alternativas não poluentes, tornando assim as energias renováveis algo muito importante nos dias de hoje. Este desenvolvimento importante, que tem vindo a acontecer ao longo dos últimos anos, assim como a descida dos preços das tecnologias utilizadas neste tipo de instalações, levou ao aumento do interesse por parte dos consumidores. Por sua vez, este aumento da procura por fontes de energia renováveis, assim como a forte exposição solar do qual Portugal beneficia ao longo do ano, levou ao aparecimento de inúmeras empresas que se especializaram neste ramo.

A Original SunEnergy, fundada em 2009, faz parte das inúmeras empresas nacionais que operam neste ramo, apresenta diversas soluções para clientes particulares e empresariais. Dentro dos sistemas fotovoltaicos, apresenta diversas soluções tais como as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) com e sem armazenamento (baterias), climatização e aquecimento tais como aquecimento de águas quentes Sanitárias (AQS), sistemas de aquecimento central (como piso radiante, radiadores de parede etc...), fontes de calor tais como caldeiras a biomassa, pellets, sistemas de bomba de calor e ainda recuperadores de calor.

A Sunenergy destaca-se das restantes empresas apresentando a solução que mais se adequa ao pedido do cliente. Após o primeiro contacto com o cliente, a equipa comercial faz um levantamento no local assim como uma análise de diversos parâmetros, como os consumos e orientação solar da instalação. Estas informações são transmitidas à equipa de engenharia que irá apresentar a solução mais eficiente para cada um dos clientes. Para isso, a equipa recorre a diversos softwares de cálculo e simulação como o PVGIS e o PVSOL, com esta análise rigorosa é possível determinar qual é o tipo de instalação que mais se adequa para cada cliente. Por fim, as equipas de obra ficam encarregues de efetuar a instalação de forma rigorosa para que o cliente possa usufruir da sua instalação sem qualquer problema.

2.3 Visão, Valores e Missão

Atualmente as preocupações ambientais são de extrema importância, assim como as questões sociais e económicas, numa sociedade que cada vez mais se tem empenhado no seu desenvolvimento sustentável. Neste ponto será abordada a visão, missão e os principais valores da empresa SunEnergy.

2.3.1 Visão

A SunEnergy pretende afimar-se como uma empresa de referência no mercado das energias renováveis, para isso, esta visa a conquista da confiança de todos os seus clientes, sejam eles particulares, empresariais ou institucionais. Visa ainda a promoção do aproveitamento das energias renováveis utilizando sistemas e serviços de qualidade, recorrendo a fornecedores de referência e trabalhando com profissionais qualificados e dedicados.

2.3.2 Valores

Os valores da empresa SunEnergy são a base de todas as decisões tomadas internamente, seguindo determinados princípios. Estes princípios são extremamente importantes para que se possa atingir o sucesso da empresa. Valores como a ética, compromisso com a honestidade, respeito do meio ambiente assim como das pessoas.

2.3.3 Missão

De um modo geral, a missão da empresa SunEnergy estabelece-se pelo desenvolvimento e comercialização de vários produtos e serviços relacionado com as energias renováveis, recorrendo as tecnologias mais avançadas e disponíveis no mercado, de forma a assegurar soluções sustentáveis de elevada qualidade e assim criando fortes relações de confiança com os diversos clientes que nela confiam.

2.4 Estrutura organizacional

A empresa Original SunEnergy Lda é constituída por diversos departamentos essenciais ao correto funcionamento da empresa. A organização está representada na figura 2.3. É formada por diversos órgãos que a compõem, como a Direção Geral, sendo o CEO um dos sócios fundadores da empresa, e é responsável pela escolha das estratégias e objetivos da empresa assim como o seu acompanhamento de forma a garantir que estes sejam devidamente implementados e cumpridos. A empresa conta ainda com um departamento de gestão da qualidade

O departamento administrativo e financeiro executa as tarefas do domínio fiscal e financeiro da empresa, trata também da gestão dos recursos humanos.

O departamento comercial tem a cargo a gestão das vendas, garantindo a produção de receitas para a empresa e garantindo também um ritmo de vendas correto.

O departamento de engenharia é composto por um total de doze engenheiros, dos quais oito engenheiros eletrotécnicos, um dos quais tem a cargo a direção do departamento, estes engenheiros são responsáveis pela elaboração de projetos assim como a orçamentação no âmbito da energia solar fotovoltaica. O projetos e a orçamentação no âmbito da energia solar térmica e da climatização está a cargo de dois engenheiros, um eletromecânico e um mecânico. Por fim dois engenheiros tem a cargo a gestão de todas as obras realizadas pela empresa.

No departamento de marketing está a cargo de duas colaboradoras. Estas são responsáveis pela realização dos estudos de mercado de forma a definir as melhores estratégias comerciais da empresa. São ainda responsáveis pela divulgação e publicidade da empresa.



Figura 2.3: Estrutura interna da empresa Original SunEnergy Lda.

3 TECNOLOGIAS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Neste capítulo serão abordados diversos pontos relativos a energia fotovoltaica, tais como a evolução da energia fotovoltaica em Portugal e na Europa ao longo dos últimos anos, o enquadramento legal das instalações fotovoltaicas em Portugal e ainda as diversas tecnologias de sistemas fotovoltaicos disponíveis atualmente no mercado.

3.1 Energia fotovoltaica

O sol é a maior fonte de energia renovável que se encontra presente no nosso planeta, o seu aproveitamento é ilimitado o que permite investir nesta energia sem que haja receios de esgotamento. Tendo em conta o panorama climático atual é de extrema importância o seu aproveitamento de forma a produzir energia limpa, evitando assim as emissões de milhares de toneladas de Gases com Efeito de Estufa (GEE) para a atmosfera e reduzir a utilização de combustíveis fósseis e/ou de outras fontes de energia limitadas.

Existem diversas formas de aproveitamento da energia solar, seja através de células fotovoltaicas para a produção de energia elétrica, seja em forma de energia térmica de forma a poder aquecer uma instalação de águas quentes sanitárias, por exemplo.

A Sunenergy fornece soluções para ambos os sistemas de aproveitamento solar, mas tendo em conta o contexto do estágio, apenas irá ser abordada a vertente de produção de energia fotovoltaica através de sistemas fotovoltaicos.

A energia fotovoltaica tem visto a sua potência instalada aumentar de ano para ano, segundo os dados da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) a energia fotovoltaica foi uma das que mais cresceu nos últimos anos com uma potência total instalada de 2,9 GW entre 2014 e 2023 [9]. Este aumento deve-se ao facto dos preços dos diferentes componentes diminuírem de ano para ano assim como o aumento do rendimento dos mesmos.

Desde o início do ano 2023 o preço dos módulos fotovoltaicos observou uma diminuição na ordem dos 25% em média, esta queda deve-se também ao aumento da procura por estes sistemas assim como o aumento da oferta por parte dos diferentes produtores [10].

3.1.1 Energia fotovoltaica na Europa e em Portugal

Nos últimos 15 anos o consumo de energia elétrica tem se mantido estável em Portugal, em 2022 o país registou um consumo total de 49,38 TWh [11]. Nos últimos anos Portugal tem vindo a apostar cada vez mais na instalação de fontes de energias renováveis, abandonando progressivamente as fontes de energias fósseis. Em 2021 Portugal encerrou a central termoelétrica do Pego, atingindo assim o objetivo fixado para o fim de utilização de carvão na produção de energia elétrica, atualmente Portugal ainda possui diversas centrais de ciclo combinado a nível nacional [12].

O PNEC 2030 (Plano Nacional de Energia e Clima 2030) fixa diversos objetivos a nível ambiental para Portugal. Este plano vem definir novas metas na redução de emissões de gases com efeito de estufa, o aumento das metas para a incorporação de energia a partir de fontes renováveis assim como as diferentes medidas para a concretização do mesmo [13].

Com estas metas, Portugal tenciona atingir a neutralidade carbónica em 2045 e ainda atingir uma percentagem de energias renováveis de 80% até 2026. Com estes objetivos Portugal aposta cada vez mais nas diversas fontes de energias renováveis, uma das quais o fotovoltaico, pela implementação de instalações fotovoltaicas centralizadas e descentralizadas [13].

Atualmente, Portugal conta com uma potência fotovoltaica instalada de 2604 MW, este valor tem vindo a aumentar de ano para ano, em 2014 este valor era de apenas 419 MW [9]. Este aumento deve se em parte pela democratização dos sistemas fotovoltaicos, a descida dos preços, assim como os apoios que tem vindo a ser atribuídos para a instalação destes diferentes sistemas tais que o fundo ambiental.

A nível de exposição solar, Portugal, é um dos países da Europa no qual o potencial de produção fotovoltaica é dos mais elevados, como se pode ver na figura 3.1 e 3.2. Portugal assim como a península ibérica tem elevados valores de potencial de energia fotovoltaica, os valores situam-se entre os 1300 e 1400 kWh/kWp. Comparativamente aos restantes países da Europa, os valores situam-se por volta dos 1100 a 1200 kWh/kWp [14].

Estes valores são promissores, e Portugal tem tirado proveito desta disponibilidade solar. Em 2007 Portugal inaugurou o maior parque fotovoltaico a nível mundial a data, este encontra-se em Serpa e conta com uma potência instalada de 11 MW. Recentemente Portugal desacatou-se novamente a nível Europeu com a aprovação da instalação do maior parque solar para autoconsumo. Este será instalado no Alentejo e terá uma potência instalada de 19,6 MW e constituído por 43 mil módulos fotovoltaicos, estima-se que a sua produção seja de 40000 MWh por ano [15].



Figura 3.1: Mapa de potencial de energia fotovoltaica em Portugal [14]

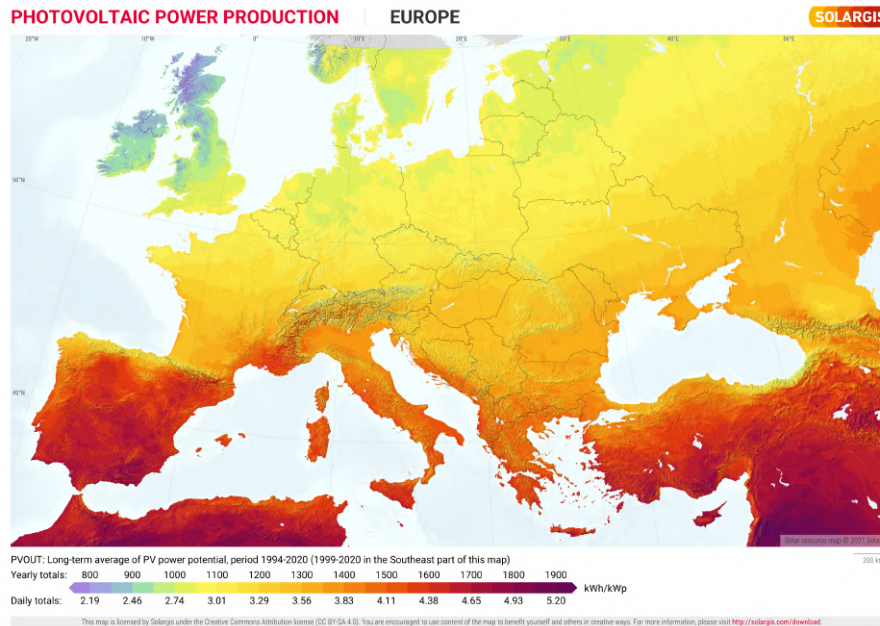


Figura 3.2: Mapa de potencial de energia fotovoltaica na Europa [14]

3.1.2 Enquadramento legal em Portugal

Nas últimas décadas o panorama do fotovoltaico evoluiu consideravelmente. Com o passar dos anos a legislação em vigor também evoluiu de forma a regular da melhor maneira a instalação destes sistemas de produção de energia

No ano 2002, surge o primeiro decreto de lei que regulamenta a produção de energia em Baixa Tensão (BT), o **Decreto-Lei nº 68/2002**, de 25 de março passou a regular a atividade de produção de energia elétrica impondo um limite de injeção na rede não superior a 150 kW independentemente da fonte de energia e ainda que pelo menos 50% da produção fosse destinada para efeitos de autoconsumo, próprio ou de terceiros [16]. Em 2002, o fotovoltaico era ainda algo relativamente novo, o investimento para um sistema fotovoltaico era algo bastante dispendioso e o retorno não era apelativo.

Em 2007, Portugal regista um novo impulso associado aos sistemas fotovoltaicos, o **Decreto-lei nº 363/2007** de 2 de novembro de 2007, veio regulamentar a instalação de sistemas de produção descentralizados, isto é, o consumidor podia tornar-se produtor de energia. Estas instalações eram classificadas como unidades de microprodução. As unidades de microprodução tinham de se encontrar no local da instalação elétrica de utilização, estas estavam também limitadas a 50% da potência contratada pelo cliente, não podendo a potência total da unidade de produção ser superior a 3,68 kW. Para os condomínios a potência máxima permitida era de 11,45 kW.

A totalidade da produção das unidades de microprodução é vendida a Rede Elétrica de Serviço Público (RESP). O valor pago é definido pelo regime no qual o produ-

tor se enquadra. Todos os produtores que não tivessem acesso ao regime bonificado eram considerados no regime geral. As condições dos diferentes regimes eram as seguintes:

- **Regime geral** - Este regime era aplicado na generalidade das instalações, o DL estipula que "A tarifa de venda de eletricidade é igual ao custo da energia do tarifário aplicável pelo comercializador de último recurso do fornecimento à instalação de consumo".
- **Regime Bonificado** - Segundo o DL, este regime aplicava-se apenas as "fontes renováveis de energia" e ainda, "cujo acesso é condicionado à existência no local de consumo de coletores solares térmicos com um mínimo de 2 m² no caso de produtores individuais". No caso dos condomínios, este regime aplicava-se "desde que estes realizem uma auditoria energética ao edifício e que tenham implementado as medidas de eficiência energética identificadas nesta auditoria com período de retorno até dois anos". A tarifa aplicada neste regime era de 650€/MWh nos primeiros 10 MW instalados a nível nacional, decrescendo de 5% a cada 10MW instalados a nível nacional. [17]

Até 2011 as leis existentes destinavam-se sobretudo aos pequenos consumidores, faltando o devido enquadramento para os grandes consumidores, que foi o que aconteceu com este **Decreto-lei nº 24/2011**.

No ano 2011, o **Decreto-lei nº 34/2011** de 8 de março, veio regulamentar as unidades de produção classificadas como unidades de miniprodução, cuja a potência máxima para a ligação a rede era de 250 kW. Tal como acontecia nas microproduções, as unidades de miniprodução estavam limitadas a uma potência não superior a 50% da potência contratada [18].

Foram criados escalões de forma a classificar cada instalação mediante a sua potência de ligação a rede:

- **Escalão I** - Unidades de produção cujo a potência de ligação é igual ou inferior a 20 kW;
- **Escalão II** - Unidades de produção cujo a potência de ligação é superior a 20 kW ou igual ou inferior a 100 kW;
- **Escalão III** - Unidades de produção cujo a potência de ligação é superior a 100 kW ou igual ou inferior a 250 kW;

O Decreto-Lei define também dois regimes de remuneração, o acesso a estes regimes é da escolha do produtor. No entanto, o acesso ao regime bonificado era condicionado ao preenchimento de determinados requisitos, tais que uma auditoria energética e implementação das medidas identificadas.

- **Regime Geral** - O produtor vende a energia "segundo as condições de mercado", não existindo qualquer tarifa de referência administrativamente fixada;
- **Regime Bonificado** - A tarifa de referência fica-se nos 250€/MWh, decrescendo de 7% de forma anual.

Na tabela 3.1 pode-se observar a evolução da potência instalada a nível nacional, entre 2008 e 2014 existiu um crescimento importante neste tipo de instalações, sendo que a taxa média de crescimento anual desta produção foi de 78% [19]. Este aumento exponencial deve-se aos valores pagos pela produção, que era bastante superior ao valor pago por cada kWh consumido.

Tabela 3.1: Potência total de Micro/mini produções instaladas de 2008 a 2014 [19]

	Micro/Mini Potência Instalada (kW)						
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Total Micro/Mini	10 390	27 256	35 339	65 157	105 835	138 310	158 350
Micro-Produção	10 390	27 256	34 692	63 536	83 338	91 899	98 929
Hídrica				32	24	43	43
Eólica				627	631	633	633
Fotovoltaica	10 390	27 256	34 692	62 877	82 683	91 223	98 252
Mini-Produção			647	1 621	22 497	46 411	59 421
Hídrica						20	20
Eólica						50	60
Fotovoltaica			647	1 621	22 497	46 341	59 341
Biogás						0,7	0,7

Em 2013 surge o **Decreto-lei nº 25/2013** de 19 de fevereiro, este procede a alteração dos **Decreto-lei nº 262/2007** de 2 de novembro e do **Decreto-lei nº 34/2011** de 8 de março. Estes DL estabeleciam o regime jurídico aplicável a produção de energia elétrica através de unidades de micro e mini produção respetivamente. Esta alteração deveu-se a dificuldades práticas e operacionais entre comercializadores e produtores assim como nas condições de acesso efetivo ao mercado [20].

Em 2014, surge o **Decreto-lei nº 153/2014** de 20 de outubro que veio criar os regimes jurídicos aplicáveis a produção de eletricidade destinada ao autoconsumo e a venda à RESP, abandonando as tarifas administrativamente fixadas, revogando assim o **Decreto-lei nº 363/2007** e o **Decreto-lei nº 34/2011**. Com este DL estabeleceu o regime jurídico aplicável aos sistemas de autoconsumo, as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC), e aos sistemas de pequena produção, cuja a produção é vendida na totalidade a RESP, as Unidades de Pequena Produção (UPP).

No caso das UPAC, este DL veio permitir ao consumidor final a possibilidade de ser produtor e consumidor simultaneamente, isto é, a energia produzida pela UPAC podia ser consumida na sua totalidade no local da instalação elétrica. No caso das UPP,

a energia elétrica produzida é entregue a RESP e remunerada com base num modelo de licitação, no qual vários concorrentes oferecem descontos a tarifa de referência.

Este DL permitiu ao consumidor final decidir de estar ou não ligado à rede. O sistemas dividem-se em sistemas "on-grid" e sistemas *off-grid*, sendo da escolha do cliente a instalação de baterias de forma a diminuir as importações de energia elétrica da rede.

Com este DL foi implementado o Sistema Eletrónico de Registo da UPAC e da UPP (SERUP), este portal foi criado com o intuito de agilizar a interação entre todos os elementos envolvidos tais que administração pública, promotores, produtores e demais intervenientes no procedimento de registo das unidades.

O processo de licenciamento das unidades de produção encontrava-se dividido em diferentes escalões, sendo que os elementos necessários para o licenciamento de cada uma delas era distinto. Na tabela 3.2 são apresentados os procedimentos necessários para o licenciamento de cada tipo de instalação [21].

Tabela 3.2: Tipo de instalações de produção DL 153/2014 [21]

Potência Instalada	Elemento necessário
$\leq 200W$	Isento de registo e controlo
200w - 1,5kW	Mera comunicação previa de exploração
1,5kW - 1MW	Controlo prévio e Certificado de exploração
$> 1MW$	Licença de produção e de exploração

Com este decreto de lei, visava-se principalmente o incentivo a instalação de unidades de produção de energia elétrica, fosse para autoconsumo ou apenas para venda à rede de distribuição. Na tabela 3.3 podemos observar o crescimento das diferentes fontes de energia renováveis a nível nacional entre o ano 2014 e 2023 (Janeiro). Entre 2014 e 2023 a fonte de energia renovável que mais cresceu foi a fotovoltaica, tendo passado de uma potência instalada de 419 MW para 1604 MW [22].

Tabela 3.3: Tabela de potência instalada - Energia renováveis [22]

	Potência Instalada (MW)									
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Total Renovável	11 677	12 273	13 416	13 762	13 994	14 423	14 606	15 370	17 255	17 295
Hídrica	5 570	6 031	6 812	7 086	7 098	7 129	7 129	7 126	8 121	8 121
Grande Hídrica (>30MW)	4 916	5 367	6 147	6 417	6 417	6 447	6 447	6 447	7 441	7 441
PCH (>10 e ≤ 30 MW)	254	255	254	258	270	270	270	270	266	266
PCH (≤ 10 MW)	400	409	410	410	410	412	412	409	414	414
Eólica	4 953	5 034	5 313	5 313	5 379	5 459	5 502	5 643	5 671	5 671
Biomassa	539	552	564	564	629	693	682	679	679	679
c/ cogeração	416	428	434	434	484	467	465	452	452	452
s/ cogeração	123	123	130	130	144	226	217	227	227	227
Resíduos Sólidos Urbanos	86	89	89	89	89	89	89	89	89	89
Biogás	81	85	89	91	92	93	93	97	97	96
Geotérmica	29	29	29	34	34	34	34	34	34	34
Fotovoltaica	419	454	520	585	673	925	1 076	1 701	2 563	2 604
Convencional	256	274	295	293	332	489	595	1 119	1 495	1 515
UPAC	-	-	43	86	124	205	246	342	831	853
UPP	-	-	-	18	30	44	48	55	56	56
Micro/Mini	163	170	174	174	172	171	171	170	164	164
Concentração	-	9	9	14	15	15	15	15	15	15

Em janeiro 2020 entra em vigor o **Decreto-lei nº 162/2019** de 25 de outubro de 2019. Este revogou parte do **Decreto-lei nº 153/2014**, passando a abranger exclusivamente o autoconsumo a partir de fontes de energias renováveis, pois o DL anterior contemplava igualmente as fontes de energia não renováveis. O presente DL introduziu o conceito de autoconsumo coletivo, que consiste na agregação de diversos produtores/consumidores, sejam eles residentes de um condomínio ou empresas próximas, podendo assim criar uma instalação de maior dimensão e partilhar a produção desta.

Este decreto de lei alterou ainda a possibilidade de escolher a quem vender o excedente de produção, até a data esta venda era apenas possível celebrando um contrato com um comercializado de ultimo recurso. Os preços de venda de excedentes são muito inferiores ao preço de compra, o valor situa-se em volta dos 0,05€/kWh.

O DL alterou ainda o limite para a obrigação de um contador totalizador de produção, aumentando este limite de 1,5 kW para 4,0 kW, este valor é referente à potência instalada. O produtor é responsável por adquirir o contador, assim como o cartão SIM de forma a que contador possa efetuar a comunicação das contagens de produção.

As UPAC foram ainda reorganizadas em diversos escalões, definindo diferentes processos de licenciamento para cada uma delas. Tal como se pode ver na tabela 3.4 .

Tabela 3.4: Tipo de instalações de produção DL 162/2019 [23]

Potência Instalada UPAC	Elemento necessário
≤ 350W	Isento de registo e controlo
350w - 30kW	Mera comunicação previa de exploração
30kW - 1MW	Controlo prévio e Certificado de exploração
> 1MW	Licença de produção e de exploração

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Como se pode ver na tabela 3.4, as instalações com potências instaladas inferiores a 350 W ficam isentas de qualquer tipo de registo ou controlo. Para instalações entre 350 W e 30 kW é apenas necessário a realização da mera comunicação prévia, com a instalação de um contador totalizador caso esta tenha uma potência instalada superior a 4kW.

As instalações com uma potência instalada entre 30 kW e 1 MW são sujeitas a atribuição de um certificado de exploração assim como um controlo prévio da instalação. Para este tipo de instalação é ainda necessário a contratação de um seguro de responsabilidade civil.

Todas as instalações superiores a 1MW, ficam sujeitas a licenças de produção e de exploração.

O sistema de registos SERUP foi substituído pelo SRIESP (Sistema de registo de instalações elétricas). O registo destas instalações requer ainda o pagamento de taxas variáveis consoante a potência instalada. Os valores a pagar são apresentados na tabela 3.5 .

Tabela 3.5: Tabela de preços para registos de UPAC's [24]

ANEXO			
Procedimento administrativo	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 sem inspeção DGEG	>30 kW e ≤250 kW	80 €	80 €
	>250 kW e ≤1000 kW	120 €	120 €
Apreciação do pedido de certificado de exploração com inspeção DGEG	>30 kW e ≤250 kW	240 €	240€
	>250 kW e ≤1000 kW	360 €	360 €
Pedido de averbamento de alterações que não careçam de novo certificado de exploração		50 €	50 €
Pedido de averbamento de alterações que careçam de novo certificado de exploração		70 €	70 €
Pedido de inspeção periódica		40 €	40 €

Atualmente a produção de eletricidade por intermédio de UPAC é regulada pelo Decreto-Lei n.º 15/2022 [25].

3.2 Sistemas fotovoltaicos

O efeito fotoelétrico foi descoberto no ano de 1839 pelo físico Francês *Alexandre Edmond Becquerel*, este encontrava-se a trabalhar com elétrodos metálicos numa solução eletrolítica quando observou um diferença de potencial quando estas eram expostas a luz ambiente, no entanto, na altura não sabia explicar o fenómeno. No ano de 1940 o investigador Russell Shoemaker Ohl, encontrava-se a trabalhar com diferentes amostras de silício, umas das amostras apresentava um defeito (fenda), possivelmente devido a um defeito no momento da produção da amostra. Durante os seus ensaios Ohl observou uma diferença de potencial quando a mesma era exposta a luz ambiente. A fenda tinha criado uma fronteira no qual, de um lado existiam determinadas impurezas que não existiam no lado oposto, tornando assim um dos lados dopados de forma "positiva" enquanto o lado oposto se encontrava dopado de forma negativa. Pode-se dizer que Ohl criou a primeira junção p-n [26].

Na figura 3.3 podemos observar uma junção p-n, a camada p possui um excesso de cargas positivas (Défice de eletrões) enquanto a camada n possui um excesso de eletrões de valência. Estas duas camadas são separadas pela zona de depleção, zona no qual não existem eletrões livres e vai agir como uma barreira, assim como a fenda na amostra de silício no qual Ohl trabalhava [27].

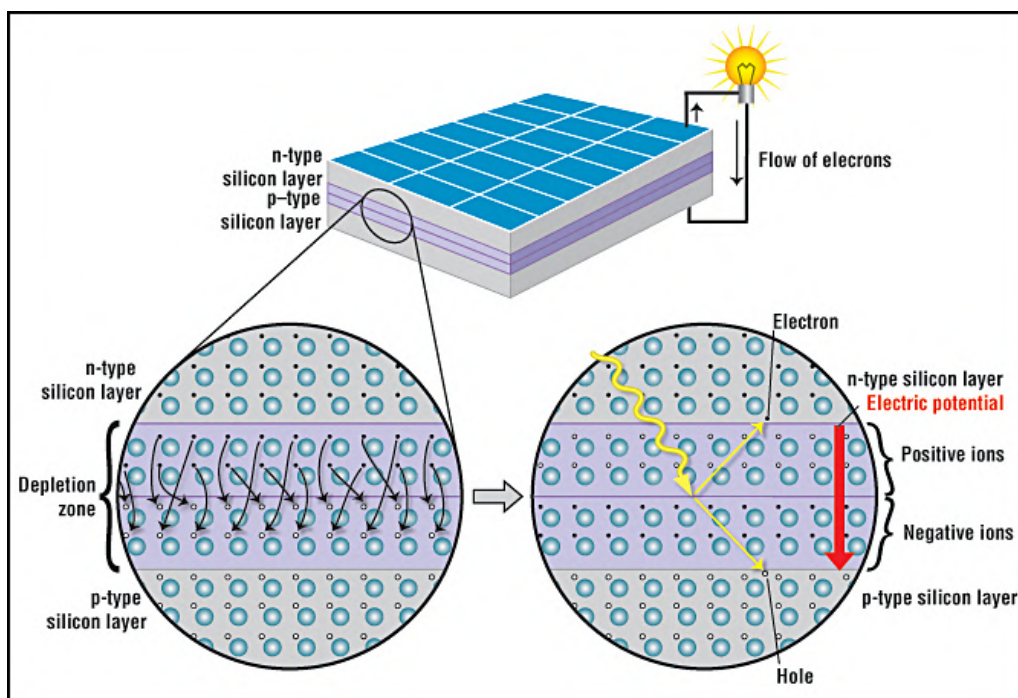


Figura 3.3: Esquema de uma junção pn [27]

A camada do tipo p é dopada com substâncias como o boro ou o gálio, estes possuem 3 elétrons na camada de valência. Sendo que o silício possui 4 elétrons de valência, a ligação química do silício com um destes elementos cria uma lacuna.

A camada de tipo n é dopada com substâncias como o fosforo, este possui 5 elétrons na camada de valência. Quando este cria ligações químicas com o silício, que só possui 4 elétrons de valência, existe um elétron livre na camada de valência.

Tal como se pode ver na figura 3.3 as células solares são compostas por uma camada do tipo p e uma camada do tipo n. Por norma, a camada do tipo n é mais fina comparado com a camada do tipo p. Na zona de depleção forma-se um campo elétrico devido aos elétrons livres do silício tipo n que vão ocupar as lacunas existentes na estrutura do silício do tipo p. [27]

Quando a célula é exposta a luz ambiente, os fótons incidem na camada do tipo n fazendo com que o elétron livre do silício tipo n seja "ejetado", colocando um condutor externo, este elétron irá transitar da camada do tipo n para a camada do tipo p passando por esse mesmo condutor, tal como se pode ver na figura 3.4. Esta transição origina a corrente elétrica, a intensidade desta varia com a intensidade da luz incidente na célula [28].

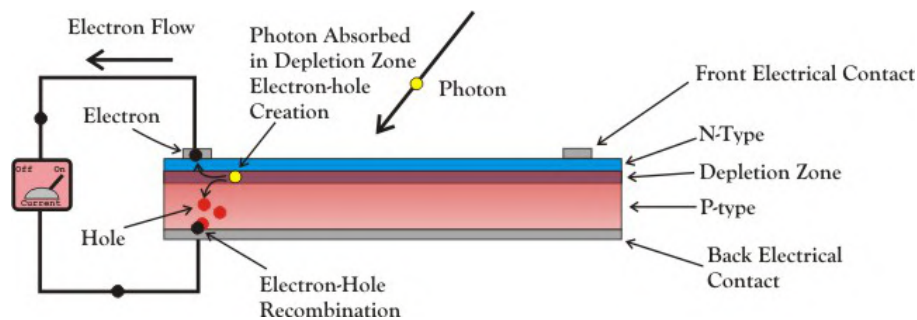


Figura 3.4: Esquema de transição dos elétrons [28]

Existem atualmente no mercado diversos tipos de células fotovoltaicas, esta diversidade deve-se ao facto da constante investigação na procura da célula com maior rendimento assim como um custo de fabrico reduzido. Cada tipo de célula tem as suas vantagens assim como desvantagens. As células fotovoltaicas comuns tem, a data, um rendimento na ordem dos 20%. No último ano diversos investigadores conseguiram desenvolver células com rendimentos na ordem dos 30%, nomeadamente investigadores da *École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)* com um rendimento de 29,2% [29] e da *King Abdullah University of Science and Technology's (KAUST)* com um rendimento de 33,2%, estes valores foram confirmados pelo *European Solar Test Installation (ESTI)*[30]. Neste capítulo serão abordados os diferentes pontos fortes de cada uma delas, assim como o funcionamento das mesmas de um modo geral.

3.3 Tipo de células fotovoltaicas

Atualmente no mercado existem diversos tipos de células fotovoltaicas, cada uma delas possui características diferentes. Estas foram surgindo ao longo dos anos com o avançar do desenvolvimento desta tecnologia. Neste ponto serão apresentados os diferentes tipos de células assim como as suas principais características, vantagens e desvantagens.

3.3.1 Células monocristalinas

Na figura 3.5 pode-se observar uma célula monocristalina. Estas células são compostas por silício com elevado grau de pureza, o silício é processado de forma a obter um cristal praticamente puro, o grau de pureza é da ordem de 99,9999% e este é obtido através do processo de Czochralski.

A produção deste tipo de célula é mais cara, isto deve se ao facto do seu processo de fabrico ser mais moroso e necessitar de elevados padrões de qualidade de forma a obter uma estrutura cristalina.

Este tipo de célula apresenta uma taxa de rendimento superior as concorrentes, na ordem dos 20%, o que permite atingir potências instaladas mais elevadas para uma determinada área. Uma das suas desvantagens é o rendimento bastante reduzido em caso de sombreamento das mesmas e/ou sujidade. Esta tecnologia é mais cara, no entanto, com o avanço dos processos de fabrico, o custo desta é bastante próximo do custo de uma célula policristalina.



Figura 3.5: Painel fotovoltaico composto por células monocristalinas [31]

3.3.2 Células policristalinas

Na figura 3.6 pode-se observar um modulo policristalino, podemos observar que a célula tem um formato diferente, no entanto esta é produzida através do silício tal como as monocristalinas.

A principal diferença encontra-se no processo de produção da célula, este é mais simples e mais barato. Comparando com as células monocristalinas, esta tem um desempenho inferior, na ordem dos 15%, fazendo com que os módulos não atinjam potências tão elevadas para uma determinada área.

Nos últimos anos a eficiência deste tipo de célula tem vindo a aumentar devido aos avanços no processo de fabrico. Nos primeiros anos no qual se viu um crescimento importante das instalações fotovoltaicas, embora tivessem um rendimento inferior, estas células tinham um custo menos elevado e eram na maior parte dos casos a opção escolhida para as instalações domésticas. Atualmente o preço das células monocristalinas é muito semelhante ao das células policristalinas.

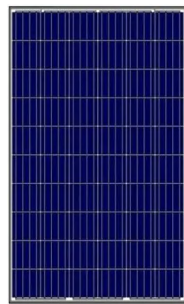


Figura 3.6: Painel fotovoltaico composto por células policristalinas [31]

3.3.3 Células de película fina

Na figura 3.7 pode-se observar uma célula película fina (*thin film*) este tipo de célula tem um custo de fabrico bastante inferior ao das células cristalinas.

Atualmente, este tipo de modulo é bastante usado em instalações residenciais, isto devido ao seu aspeto estético, flexibilidade e o seu custo reduzido. O seu desempenho é teoricamente mais elevado do que os módulos cristalinos, no entanto na prática, o seu desempenho situa-se entre os 7% e 18%. Uma das principais vantagens é a sua “resistência” as temperaturas elevadas, estes possuem um coeficiente de temperatura mais elevado do que os módulos cristalinos[32].

A sua construção é feita com vidro de elevada qualidade, o que lhe permite ser altamente resistente a humidade, por isso, este tipo de módulo fotovoltaico é mais interessante para instalações que se encontrem em locais cujo o clima é mais agressivo, como por exemplo desertos e locais tropicais onde as temperaturas e níveis de humidade são elevados. O grande ponto negativo para este tipo de modulo, é a sua longevidade. Enquanto um modulo cristalino tem um tempo de vida útil que ronda os 20 a 30 anos, o modulo de película fina em um tempo de vida útil de cerca de 10 a 20 anos, o que é substancialmente inferior a um modulo cristalino [32].



Figura 3.7: Painel fotovoltaico de película fina [31]

3.3.4 Células Half Cut

Na figura 3.8 pode-se observar um módulo fotovoltaico half cut, este tipo de módulo fotovoltaico utiliza células cristalinas que são cortadas de forma a obter duas células distintas, por norma um módulo fotovoltaico cristalino tradicional tem cerca de 60 a 72 células, enquanto este tipo de módulo tem entre 120 e 144 células. A principal vantagem desta tecnologia é a redução da corrente de cada célula para metade, o que também diminui as perdas resistivas e que se traduz por uma eficiência superior [33].

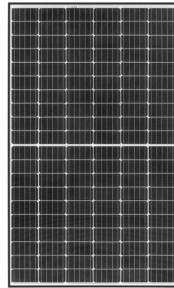


Figura 3.8: Painel fotovoltaico *Half-cut* [34]

O módulo completo é dividido em duas partes, tal como se se tratasse de dois módulos de 60 células num só. Esta configuração permite ao módulo ser mais eficiente em caso de sombreamento. A estrutura interna da strings de células *half-cut* permite ao módulo dispor de seis strings de células em vez das tradicionais três strings, esta característica é útil quando existe sombreamento no módulo, pois como se pode ver na figura 3.9 quando parte de uma das três strings é sombreada, um terço do módulo é afetado [33].

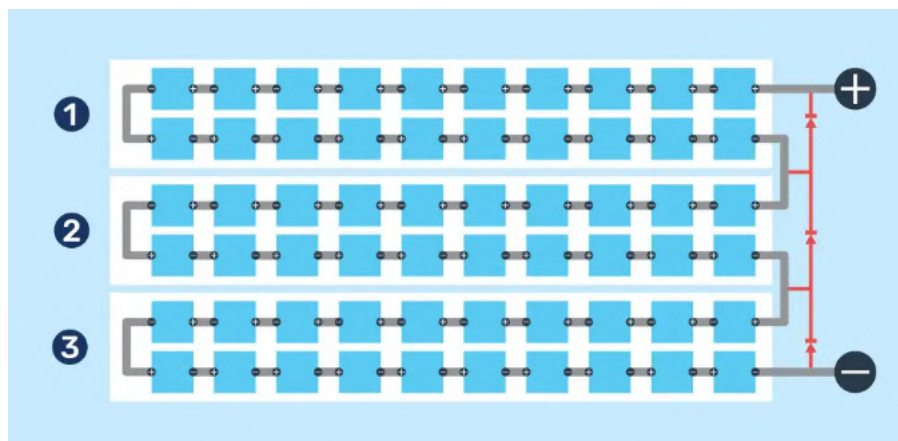


Figura 3.9: Strings de um módulo comum [33]

Na figura 3.10 pode se ver a estrutura de um módulo *half cell*, ao contrário do que acontece num módulo com células completas, este possui seis strings de células, quando existe sombreamento numa delas, apenas afeta um sexto do módulo, evitando assim perdas excessivas devido ao sombreamento.

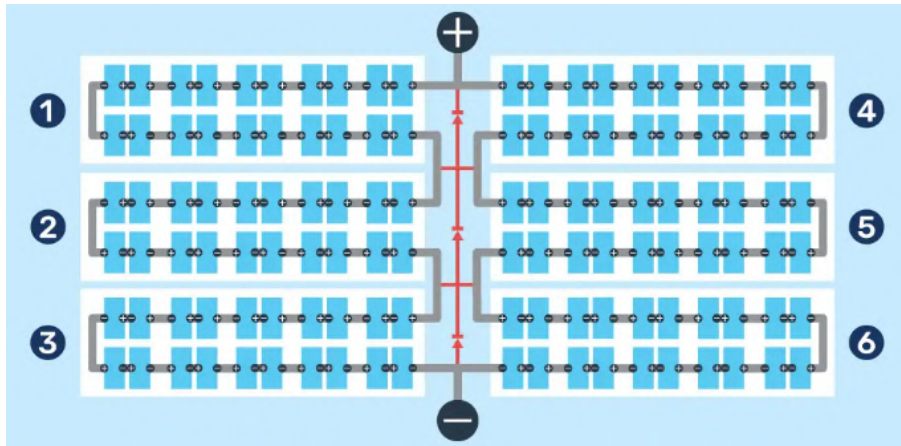


Figura 3.10: Strings de um módulo *Half cut* [33]

3.3.5 Células PERC

Visualmente, os módulos *PERC-Passivated Emitter Rear Cell* têm um aspeto visual idêntico a um módulo monocristalino. Esta tecnologia tem-se destacado nos últimos anos pelo facto de estes terem um melhor rendimento. Este incremento de rendimento deve-se a uma camada adicional que é colocada na parte inferior da célula, aproveitando assim a luz que atravessa a célula e é refletida para a célula que se encontra na parte inferior [35].

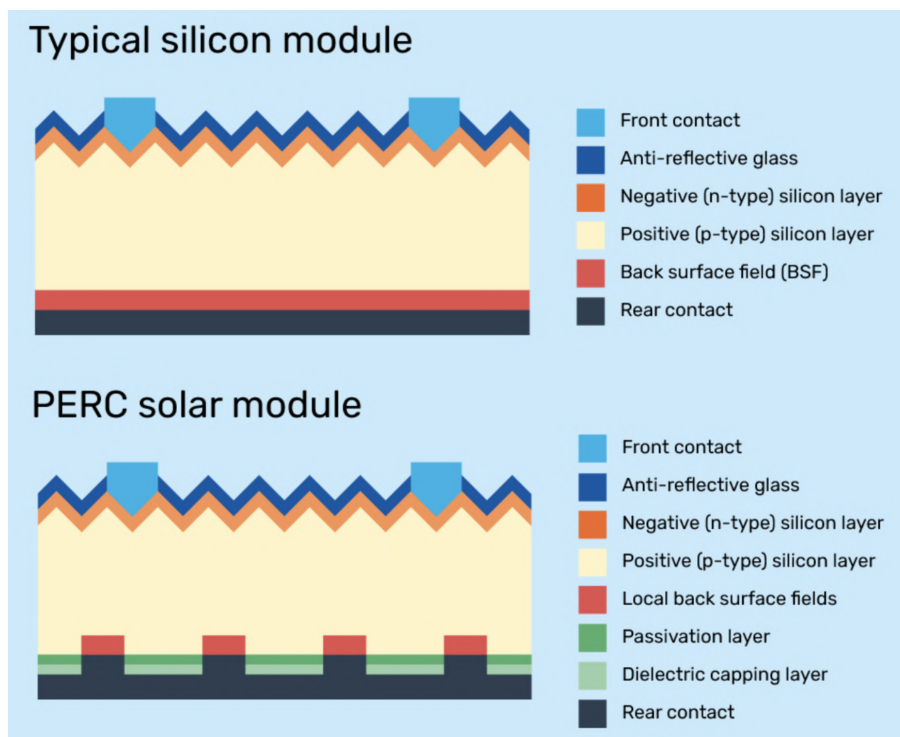


Figura 3.11: Diferenças entre uma célula cristalina comum e uma célula PERC [35]

Esta tecnologia permite aproveitar ao máximo a radiação disponível, evitando assim perdas por calor tal como acontece numa célula monocristalina tradicional, pois evita que a radiação seja absorvida pela camada inferior do alumínio e por sua vez aquecimento geral do modulo, o que leva a uma diminuição do rendimento global [35]. Nas células PERC este problema não existe ou é reduzido dado que a camada inferior da célula permite aproveitar a radiação "perdida". Esta radiação é refletida por uma camada denominada por camada dielétrica [35].

3.3.6 Curvas características das células fotovoltaicas

O desempenho de uma célula fotovoltaica é descrito através das curvas I-V e P-V, estas curvas relacionam a corrente e a potência em função da tensão. Na figura 3.13 pode observar-se as curvas I-V e P-V de uma célula fotovoltaica, estas curvas representam o comportamento da célula com as variações de radiação solar e de temperatura. Estes valores são medidos recorrendo a condições padronizadas de forma a garantir que todos os módulos são testados de forma idêntica.

As curvas apresentam diferentes valores importantes e característicos da célula, estes valores são medidos considerando os valores de radiação e temperatura padrão. Existem dois tipos de condições padrão para definir as características elétricas dos módulos, as condições *STC* (Standard Test Conditions) e as condições *NOCT* (Nominal Operating Cell Temperature). Tal como se pode ver na figura 3.12 são apresentados valores para as *STC* e *NOCT*, embora sejam apresentados ambos os valores, os valores *STC* prevalecem, pois estes representam os valores máximos para um determinado módulo.

As condições *STC* consideram uma irradiação de 1000 W/m^2 , uma temperatura de 25°C para a célula e uma massa de ar de 1.5. As condições *NOCT* consideram uma irradiação de 800 W/m^2 , uma temperatura de ar ambiente de 20°C , uma massa de ar de 1.5 e vento com velocidade de 1 m/s. As condições *STC* representam condições de laboratório que nem sempre podem ser comparadas as condições reais, já as condições *NOCT* aproximam-se mais de condições reais[36].

Electrical Characteristics	STC : AM1.5 1000W/m ² 25°C		NOCT : AM1.5 800W/m ² 20°C 1m/s				Test uncertainty for Pmax: ±3%			
	LR4-72HPH-445M		LR4-72HPH-450M		LR4-72HPH-455M		LR4-72HPH-460M		LR4-72HPH-465M	
Testing Condition	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	445	334.3	450	338.0	455	341.8	460	345.5	465	349.3
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.1	46.2	49.3	46.4	49.5	46.5	49.7	46.7	49.9	46.9
Short Circuit Current (Isc/A)	11.53	9.35	11.60	9.41	11.66	9.46	11.73	9.51	11.79	9.56
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.3	38.4	41.5	38.6	41.7	38.8	41.9	39.0	42.1	39.2
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.78	8.70	10.85	8.75	10.92	8.81	10.98	8.86	11.05	8.91
Module Efficiency(%)	20.5		20.7		20.9		21.2		21.4	

Figura 3.12: Características elétricas de um módulo fotovoltaico

Na figura 3.13 pode-se observar as curvas I-V (Azul) e P-V (Vermelho), estas curvas apresentam os diversos valores que são indicados nas fichas técnicas dos módulos.

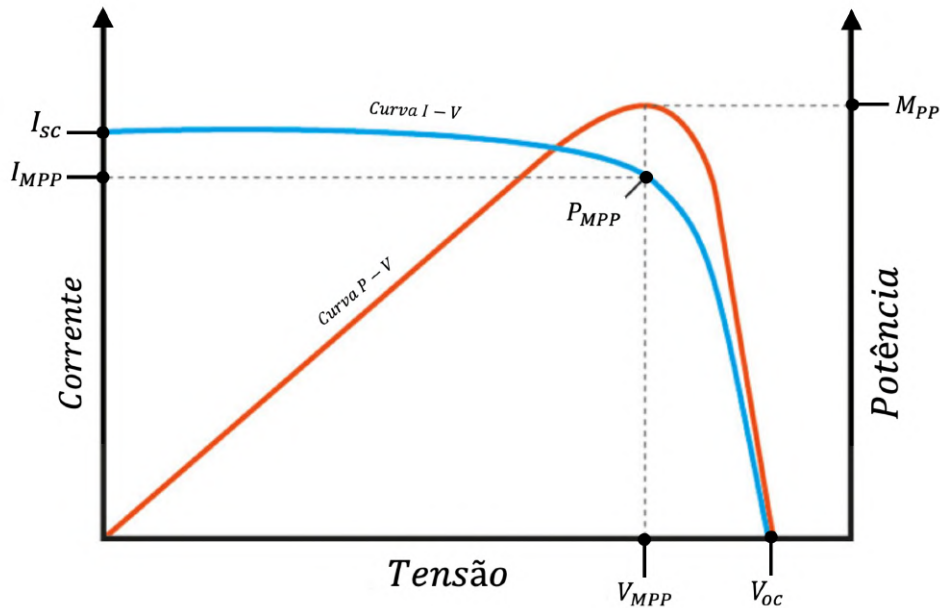


Figura 3.13: Curva característica I-V e P-V de uma célula fotovoltaica

Os principais valores apresentados nestas curvas são:

- Tensão de Circuito Aberto (V_{oc}) - Valor de tensão máxima da célula para um valor de corrente nulo.
- Corrente de Curto-Circuito (I_{sc}) - Valor de corrente máxima da célula para um valor de tensão nulo.
- Ponto de Potência Máxima (P_{mpp}) - Valor de potência máxima da célula, representa o ponto no qual o produto entre a corrente e a tensão são máximos.
- Tensão de Potência Máxima (V_{mpp}) - Valor de tensão a máxima potência, isto é, a tensão nominal de funcionamento da célula a potência máxima.
- Corrente de Potência Máxima (I_{mpp}) - Valor de corrente a máxima potência, isto é, a corrente nominal de funcionamento da célula a potência máxima.

Outro parâmetro importante, que também é representado nas curvas I-V e P-V, é o Fator de Forma (FF). Este parâmetro é extremamente útil para determinar a eficiência do módulo, quanto maior for o FF, maior será a qualidade do módulo. Um módulo com um FF mais importante terá uma curva I-V que se aproxima de um retângulo.

Na figura 3.14 pode-se observar as duas áreas distintas, a área A e a área B, o FF é calculado pela razão entre a área A e a área B. A área A é calculada pelo ponto P_{mpp} , que é o produto entre os valores V_{mpp} e I_{mpp} , a área B é calculada pelo produto dos valores V_{oc} e I_{sc} [37].

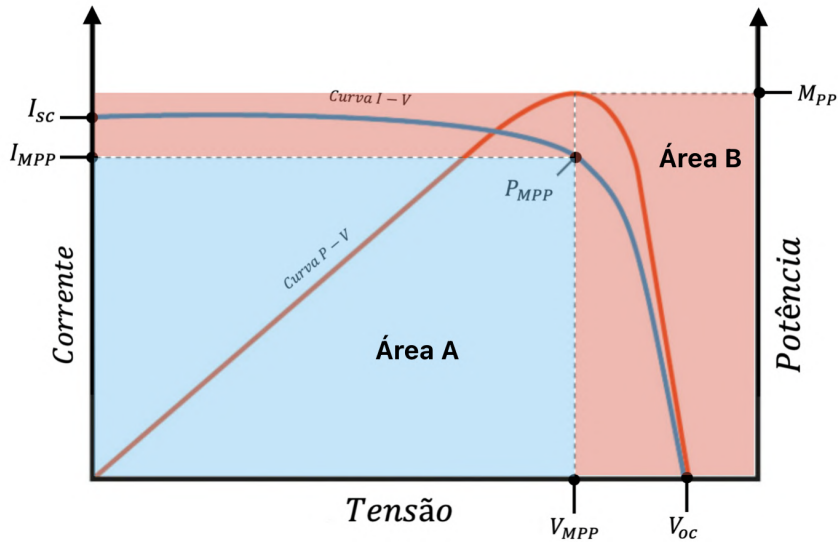


Figura 3.14: Exemplo do fator de forma (FF)

Com estes dados é possível calcular o Fator de Forma (FF) recorrendo a equação 3.1.

$$FF = \frac{\text{Área 1}}{\text{Área 2}} = \frac{V_{mpp} * I_{mpp}}{V_{oc} * I_{sc}} \Leftrightarrow V_{oc} * I_{sc} * FF = V_{mp} * I_{mp} \Leftrightarrow P_{mpp} = V_{oc} * I_{sc} * FF \quad (3.1)$$

A equação 3.1 permite calcular o valor do ponto de potência máxima (P_{mpp}). Graças a este valor é possível determinar o rendimento (η) do módulo fotovoltaico através da equação 3.2 [38].

$$\text{Rendimento } \eta (\%) = \frac{P_{mpp}}{P_{in}} * 100 = \frac{V_{oc} * I_{sc} * FF}{A * G} \quad (3.2)$$

Onde temos:

- η - Eficiência da conversão da radiação solar em energia elétrica, valor dado em %;
- P_{in} - Potência da radiação incidente no módulo, em Watts (W) ;
- A - Área da célula em m^2 ;
- G - Radiação solar incidente por unidade de superfície, dado em W/m^2 ;

3.4 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são constituídos por um conjunto de células fotovoltaicas, que estão interligadas entre si de forma a obter valores de tensão e corrente mais importantes, normalmente estas são ligadas em série tal como se pode ver na figura 3.15 .

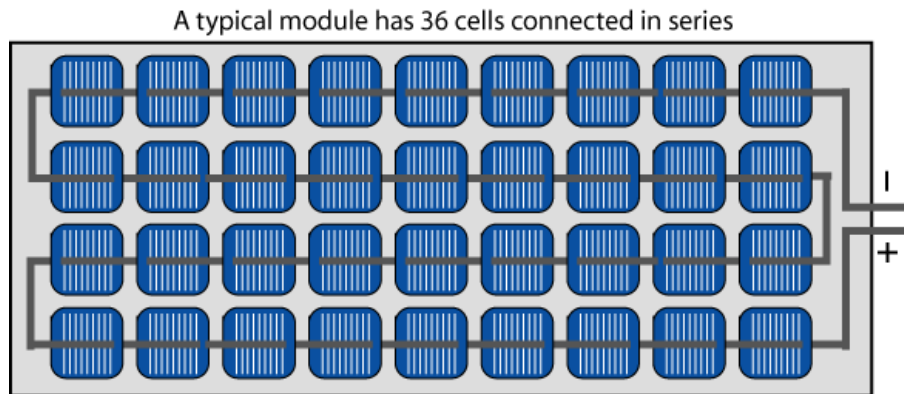


Figura 3.15: Esquema de ligação de células fotovoltaicas em série [39]

Os módulos são compostos por diversos elementos , tais como alumínio, vidro altamente transparente, materiais encapsulantes, como por exemplo EVA (Etileno Aceato de Vinilo) entre outros. Na figura 3.16 podemos observar os diversos componentes de um módulo fotovoltaico.

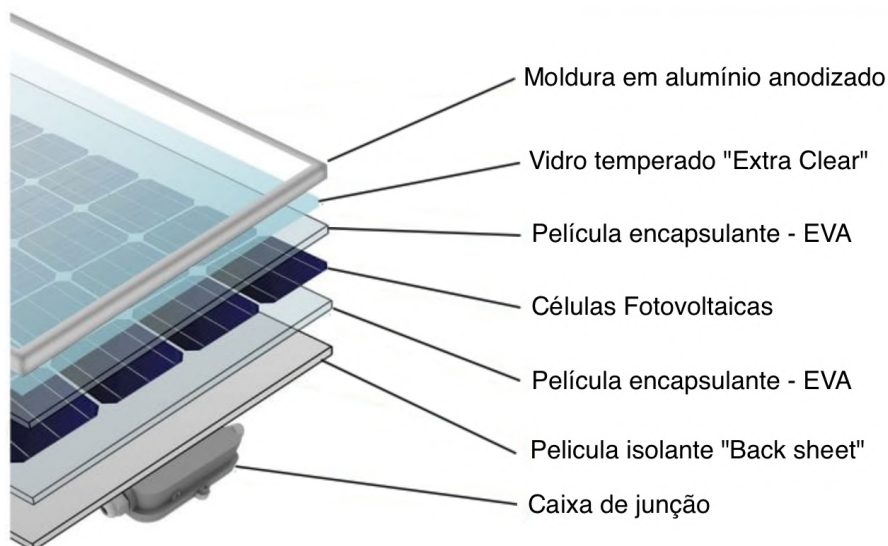


Figura 3.16: Constituição de um módulo fotovoltaico - Adaptado [40]

Começando pela moldura em alumínio anodizado, esta moldura colocada em volta do módulo agrupa todos os elementos que constituem o modulo. Com esta moldura o modulo ganha robustez e resistência mecânica. Existem no mercado módulos sem moldura, estes são utilizados em casos muito específicos [40].

O vidro temperado é um elemento fundamental no painel, este protege as células contra os impactos que possam danificar a célula. O vidro utilizado terá de ter um baixo índice de reflexão assim como um grau de pureza elevado de forma a deixar passar o máximo de luz através dele [40].

A película encapsulante, EVA, tem como função proteger as células fotovoltaicas. Este material é aplicado na parte superior e inferior das células, passa por um processo de vácuo tornando-se num gel transparente. A qualidade deste processo de laminação é importante pois garante a longevidade do módulo. A qualidade do material encapsulante também é importante, no caso do material ser de má qualidade, este terá tendência a ganhar uma cor amarela mais facilmente, afetando assim a eficiência do módulo [40].

As células fotovoltaicas são o elemento chave, são responsáveis por captar a radiação solar e converte-la em energia elétrica. Existem diversos tipos de células fotovoltaicas, no entanto os módulos são produzidos de forma idêntica. As principais características de um módulo são:

- Tamanho.
- Cor.
- Quantidade de células e de Bus Bar.
- Eficiência global.

A quantidade de células varia de módulo para módulo, por exemplo, atualmente um módulo de 450 Wp tem 108 células, um módulo de 550 Wp terá 144 células [40].

A película isolante que se encontra na parte inferior do painel, mais conhecida por *Backsheet*, tem como função selar o módulo de possíveis humidades. Esta película é em regra geral branca e idêntica em todos os módulos, esta pode ser diferente em determinados módulos de forma a obter um melhor isolamento ou melhor resistência mecânica [40].

A caixa de junção situa-se na parte inferior do módulo, é nesta caixa que os diferentes grupos de células são ligados em série. Num módulo com 108 células e 3 díodos de bypass, haverá 3 *strings* de 36 células cada uma. No exterior, as ligações são feitas através de conectores MC4 como se pode ver na figura 3.17 .



Figura 3.17: Caixa de junção de um módulo fotovoltaico

Estes conectores são desenvolvidos de forma a suportar condições climáticas extremas bem como elevadas quantidades de raios ultravioleta.

Os díodos bypass são elemento importantes nos módulos fotovoltaicos, como as células são ligadas em serie, o efeito do sombreamento sobre uma parte das células da série, afeta não só a eficiência de toda a serie de células como pode danificar as mesmas devido ao aparecimento de *Hotspots* [40].

Os *Hotspots* aparecem quando existe um sombreamento da célula, quando a célula fica sombreada, a célula inverte a sua polaridade o que significa que a célula passa a consumir energia transformando a mesma em calor acabando por danificar a célula.

3.5 Inversores fotovoltaicos

Os inversores fotovoltaicos são um elemento chave numa instalação fotovoltaica, este equipamento eletrónico transforma a corrente contínua (DC) em corrente alternada (AC) ajustando a frequência para que esteja seja idêntica a da rede ao qual este se encontra ligado.

Existem diferentes configurações de sistemas fotovoltaicos, destacam-se os seguintes sistemas:

- Sistemas *Off-grid* , não ligados a rede.
- Sistemas *On-grid*, ligados a rede.

Existem inversores com diversas potências, esta deve de ser respeitada aquando

do dimensionamento da instalação, pois este equipamento tem de suportar a produção proveniente dos módulos fotovoltaicos sem passar os valores máximos de tensão e corrente para o qual está preparado. Existem ainda inversores híbridos, tanto em sistemas *Off-grid* como em sistemas *On-grid*, estes possuem um controlador de carga interno o que possibilita a instalação de uma bateria para armazenar parte da energia produzida.

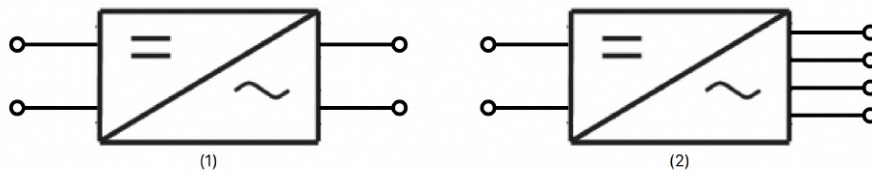


Figura 3.18: (1)-Símbolo inversor DC-AC monofásico (2) - Símbolo inversor DC-AC trifásico

Os inversores possuem proteções internas do lado AC e do lado DC, estas são importantes, pois são responsáveis por salvaguardar a integridade do inversor em caso de possíveis perturbações no sistema ou na rede.

3.5.1 Tecnologia MPPT

A tecnologia *MPPT-Maximum Power Point Tracking*, através de um conversor DC-DC, permite acompanhar o ponto de funcionamento máximo ajustando de forma constante os valores de tensão e corrente, desta forma é assim possível maximizar a produção da instalação.

Tal como se pode ver na figura 3.13, os módulos fotovoltaicos possuem um valor de tensão e corrente máximo, estes pontos determinam o ponto de funcionamento ideal do modulo fotovoltaico. Como os valores de tensão e corrente podem variar, é necessário efetuar correções nos valores de tensão e corrente de forma a acompanhar o ponto de funcionamento ideal dos módulos fotovoltaicos.

O número de entradas MPPT varia entre os diferentes inversores, quanto maior é a potência nominal do inversor, maior será o número de entradas. Desta forma a escolha do inversor ideal é de extrema importância para que o sistema funcione de forma correta e eficiente.

3.5.2 Inversores On-Grid

Os inversores *On-Grid* são os mais comuns, estes inversores são utilizados em instalações residenciais e em instalações industriais. Estes inversores injetam energia simultaneamente com a rede elétrica, necessitam obrigatoriamente de uma ligação à rede

de forma a sincronizar a frequência elétrica da produção com a da rede, podendo assim alimentar as cargas conectadas a instalação.

Dado que este tipo de inversor não possui controlador de carga, não é possível conectar um sistema de armazenamento de energia (Bateria), pelo que a energia produzida será consumida diretamente na instalação onde o sistema se encontra conectado, caso exista excedente, este é injetado na rede. Num caso onde não exista produção suficiente para o consumo na instalação, a rede fornece a energia necessária para atingir a potência desejada.

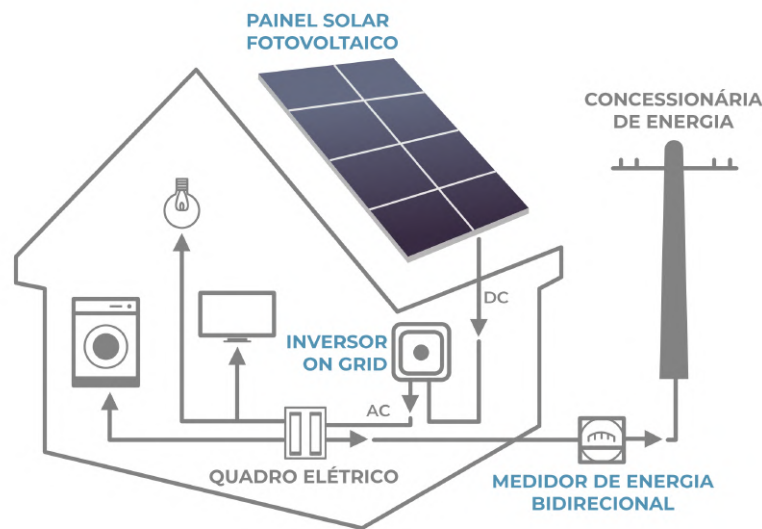


Figura 3.19: Esquema de ligação de uma instalação *On-Grid* [41]

Quando a energia produzida é injetada na rede elétrica, esta é contabilizada através do contador digital do cliente. É possível celebrar contratos de venda de excedentes de forma a ser remunerado pela energia injetada na rede pública, é ainda possível usufruir do sistema de saldo quarto horário no qual é feito um balanço entre o consumo e a produção a cada 15 minutos, ajustando assim os valores de energia consumida da rede.

Caso o cliente não deseje injetar o excedente de produção na RESP, é possível instalar um medidor de consumos diretamente no quadro elétrico do cliente de forma a limitar a produção. Este medidor comunica com o inversor através de um protocolo Modbus RS485, podendo assim efetuar a leitura instantânea do consumo e ajustando a produção ao consumo da instalação.

3.5.3 Inversores Off-Grid

Os inversores *Off-Grid* são semelhantes aos inversores *On-grid*, a principal diferença entre eles é a capacidade de funcionarem de forma autónoma sem estarem ligados à rede elétrica.

Estes inversores são utilizados em instalações nas quais não é possível ter uma ligação a rede elétrica ou por escolha do proprietário da instalação caso este decida não estar ligado a RESP.

Dado que estes sistemas alimentam instalações isoladas da rede, as baterias são um elemento fundamental. Estas acumulam energia ao longo do dia de forma a que seja possível consumir energia elétrica em períodos em que a produção é reduzida ou inexistente.

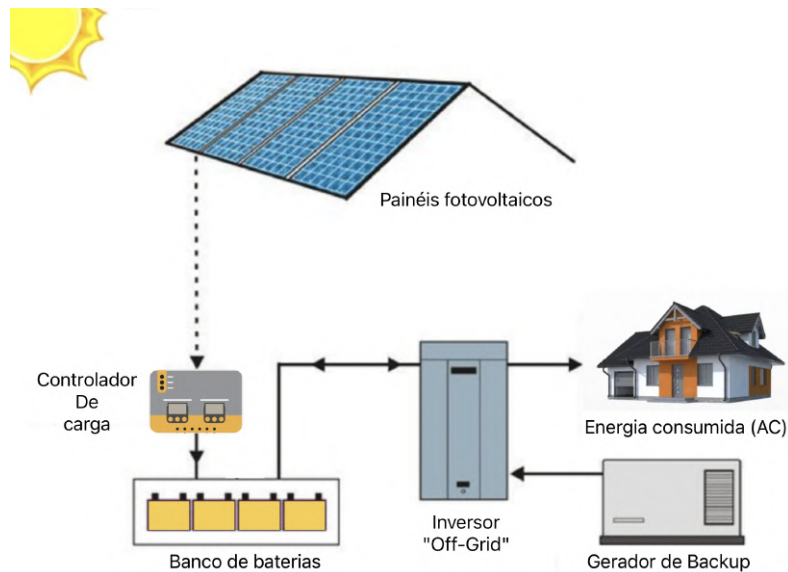


Figura 3.20: Esquema de ligação de uma instalação *Off-grid* [42]

Para garantir o correto funcionamento das baterias, assim como aumentar a sua longevidade, é fundamental a utilização de um controlador de carga adequado ao tipo de baterias que forem conectadas ao inversor. Existem diversas baterias no mercado, estas variam tanto a nível de tensão, capacidade ou ainda tecnologia, é por isso importante escolher um controlador de carga adequado ao tipo de bateria que se irá instalar. Caso o inversor possua um controlador de carga integrado, é necessário escolher uma bateria que se adeque ao controlador.

Tendo em conta que estes sistema estão isolados da rede e dependem unicamente da produção e armazenamento, é extremamente importante efetuar um estudo de todas as cargas que este irá alimentar para assim poder dimensionar o sistema de forma correta. Esta etapa é importante, pois se o sistema não for devidamente bem dimensionado, este poderá não ter capacidade suficiente para alimentar as cargas e ainda poderá descarregar constantemente as baterias reduzindo assim o seu tempo de vida útil.

Existe a possibilidade de instalar um gerador de backup, este pode ser acionado manualmente caso seja necessário ou automaticamente através de um contacto livre de potencial presente no inversor. Este permite recarregar as baterias caso a produção fotovoltaica não seja suficiente, o que pode acontecer em dias de inverno por exemplo,

onde existe a possibilidade de haver vários dias ou semanas no qual a radiação solar é reduzida.

3.5.4 Inversores híbridos

Os inversores híbridos são inversores semelhantes aos inversores *On-grid*, a principal diferença é que estes possuem um carregador de bateria e controlador de carga, o que permite a ligação de uma bateria ao mesmo. Graças a estes componentes passa a ser possível armazenar energia produzida durante o dia, quando existe excesso de produção, para que seja consumida à posteriori, seja num pico de consumo, seja quando não existe produção (durante a noite por exemplo)

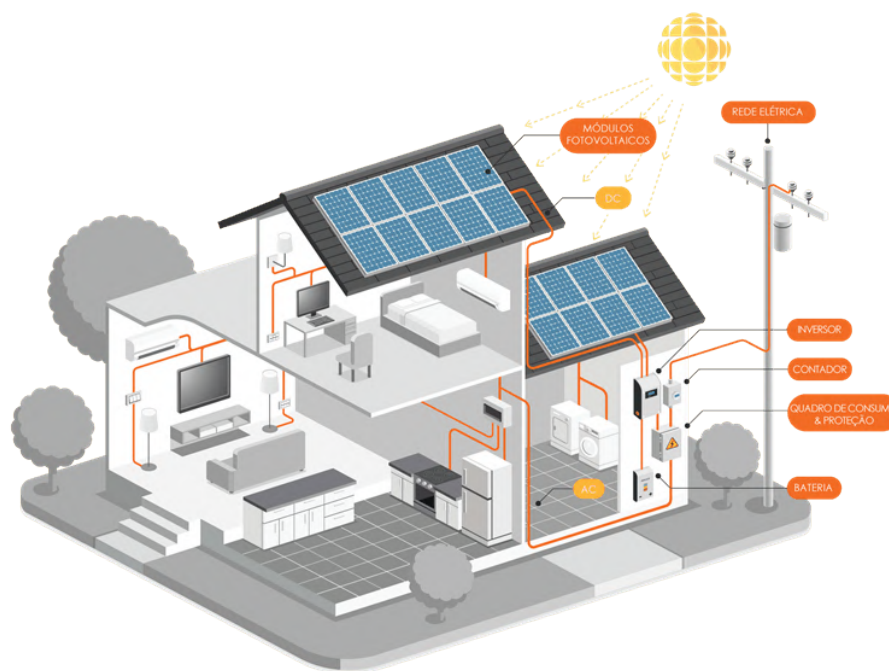


Figura 3.21: Esquema de ligação de uma instalação inversor híbrido e sistema de armazenamento [43]

Estes inversores permitem ainda alimentar cargas críticas através de uma saída específica, a saída EPS (*Emergency Power Supply*). Num modo de funcionamento normal, a saída EPS está desativada, esta apenas se ativa quando a rede elétrica falha, mantendo assim a alimentação das cargas importantes. A autonomia varia com o consumo das cargas ligadas a saída EPS assim como a produção fotovoltaica.

Como estes inversores continuam a produzir energia quando o fornecimento de energia da rede falha, é necessário instalar um equipamento que efetue o corte da ligação da instalação à rede elétrica. Este corte é importante de forma a garantir a segurança das equipas técnicas que possam vir a intervir nas instalações elétricas da rede.

3.5.5 Micro-inversores

Os micro-inversores são inversores *On-grid* miniaturizados, estes são principalmente utilizados em pequenas instalações residências no qual se instalam um a dois módulos. Estes micro-inversores são colocados na parte inferior dos módulos e funcionam de forma independente.

Ao contrário do que poderia acontecer com um inversor central, com o micro-inversores é possível colocar os painéis em diferentes orientações, pois como estes são independentes, se por exemplo existir sombreamento num módulo este não irá afetar a produção dos restantes módulos.

Na figura 3.22 pode-se ver um micro-inversor, este possui 2 entradas que permitem ligar até dois módulos.



Figura 3.22: Microinversor da marca APsystems [44]

4 PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE UMA UPAC

4.1 Processo de aquisição de um sistema de autoconsumo

O processo de aquisição de um sistema fotovoltaico passa pelo primeiro contacto com a SunEnergy, este contacto pode ser efetuado através dos diversos meios que a empresa dispõem, tais que:

- Formulário de contacto;
- Email;
- Telefone;
- Visita as instalações.

A SunEnergy oferece um serviço completo de forma a que a solução proposta seja a mais adequada às necessidades dos clientes. No entanto, uma grande parte dos cliente já tem uma ideia do tipo de instalação que deseja. Tendo em conta a elevada quantidade de pedidos semelhantes, a SunEnergy decidiu criar diversos kits que propõem uma solução completa. Estes kits englobam os diferentes tipo de instalações, sejam elas monofasicas, trifásicas e com ou sem armazenamento. Existem ainda os kits que incluem um sistema de autoconsumo com um sistema de bomba de calor para o aquecimento de aguas quentes sanitárias.

Estes kits podem ser consultados no *site* da SunEnergy, na figura 4.1 pode-se observar os kits para sistemas monofásicos.

PREÇOS KITS DE AUTOCONSUMO PARA INSTALAÇÕES MONOFÁSICAS				
OFERTA DO SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO Aplicável a todos os kits para instalações monofásicas.				
4 PAINÉIS	6 PAINÉIS	8 PAINÉIS	10 PAINÉIS	12 PAINÉIS
ANTES IVA 23% 2,700 €	ANTES IVA 23% 3,400 €	ANTES IVA 23% 4,100 €	ANTES IVA 23% 4,800 €	ANTES IVA 23% 5,500 €
AGORA IVA 6% DESDE 2,300 €	AGORA IVA 6% DESDE 2,900 €	AGORA IVA 6% DESDE 3,500 €	AGORA IVA 6% DESDE 4,100 €	AGORA IVA 6% DESDE 4,700 €
-15%	-15%	-15%	-15%	-15%
Poupança Estimada Anualmente	Poupança Estimada Anualmente	Poupança Estimada Anualmente	Poupança Estimada Anualmente	Poupança Estimada Anualmente
Porto → 420 € Coimbra → 405 € Lisboa → 440 € Faro → 480 €	Porto → 625 € Coimbra → 620 € Lisboa → 655 € Faro → 720 €	Porto → 835 € Coimbra → 815 € Lisboa → 875 € Faro → 960 €	Porto → 1045 € Coimbra → 1030 € Lisboa → 1080 € Faro → 1200 €	Porto → 1240 € Coimbra → 1215 € Lisboa → 1310 € Faro → 1440 €

Figura 4.1: Kits de autoconsumo para instalação monofásica sem armazenamento [45]

No caso de um cliente industrial ou de um cliente residencial cujo a instalação exija a verificação de determinados elementos, é efetuado uma análise mais aprofundada. Todo o processo será explicado no próximo ponto.

4.1.1 Visita técnica ao local

Após o primeiro contacto com a SunEnergy, a equipa técnica agenda uma visita técnica ao local da instalação. Esta visita tem como objetivo a identificar diversos elementos necessários a boa instalação do sistema. Nesta visita são identificadas as características do local tais como o tipo de cobertura, a orientação e inclinação do telhado no qual serão colocados os painéis assim como a identificação de possíveis elementos que possam causar sombreamento na instalação. Nesta visita também se verificam as possíveis localizações para o inversor, quadros AC e DC assim como o ponto de injeção, o quadro AC do local de consumo.

4.1.2 Escolha dos componentes do sistema e análise de consumos

Após a visita técnica, a equipa de engenharia inicia todo o processo de dimensionamento do sistema. Após efetuar uma análise dos consumos do cliente, através de diversas faturas ou diagramas de carga fornecidos pelo cliente, passa-se a escolha dos componentes.

A escolha dos componentes pode ser feita pelo cliente se este o desejar, no entanto, em regra geral este deixa esta escolha a cargo da SunEnergy. Com base na informação fornecida, é feito o cálculo da dimensão do sistema de forma a que a produção do sistema seja suficiente para suprir o consumo do cliente. Em seguida é feita a escolha da marca e modelo do módulo fotovoltaico assim como a quantidade necessária. A escolha do inversor é feita tendo em conta a potência total dos módulos fotovoltaicos, a potência do inversor poderá ser até 20% inferior à potência total dos módulos fotovoltaicos. A escolha da marca e do modelo dos diversos componentes do sistema varia ao longo do tempo, pois estes estão constantemente a receber atualizações e melhoramentos, assim como a disponibilidade dos diferentes elementos pode variar, pelo que uma proposta pode sofrer alterações entre o momento em que o cliente adjudica a proposta e o momento no qual é feita a instalação, no entanto, em caso algum o cliente fica prejudicado por estas possíveis alterações.

4.1.3 Projeto em *PVSOL Premium* com modelização 3D

Feita a escolha dos diversos componentes do sistema, é feito um projeto recorrendo a um software específico para este efeito, o *PVSOL Premium*, desenvolvido pela *Valentin Software GmbH*. Este software é usado exclusivamente para sistemas fotovoltaicos, este possui uma vasta base de dados no qual estão inseridos a maior parte dos inversores, módulos fotovoltaicos e baterias disponíveis no mercado atual. O software recebe atualizações regularmente de forma a ter as listas de componentes sempre atualizadas.

Em primeiro lugar começa-se por inserir os dados relativos ao projeto. Tal como se pode ver na figura 4.2 são inseridos os dados do cliente/empresa, morada do cliente/empresa e de instalação assim como diversos elementos relevantes para o projeto.

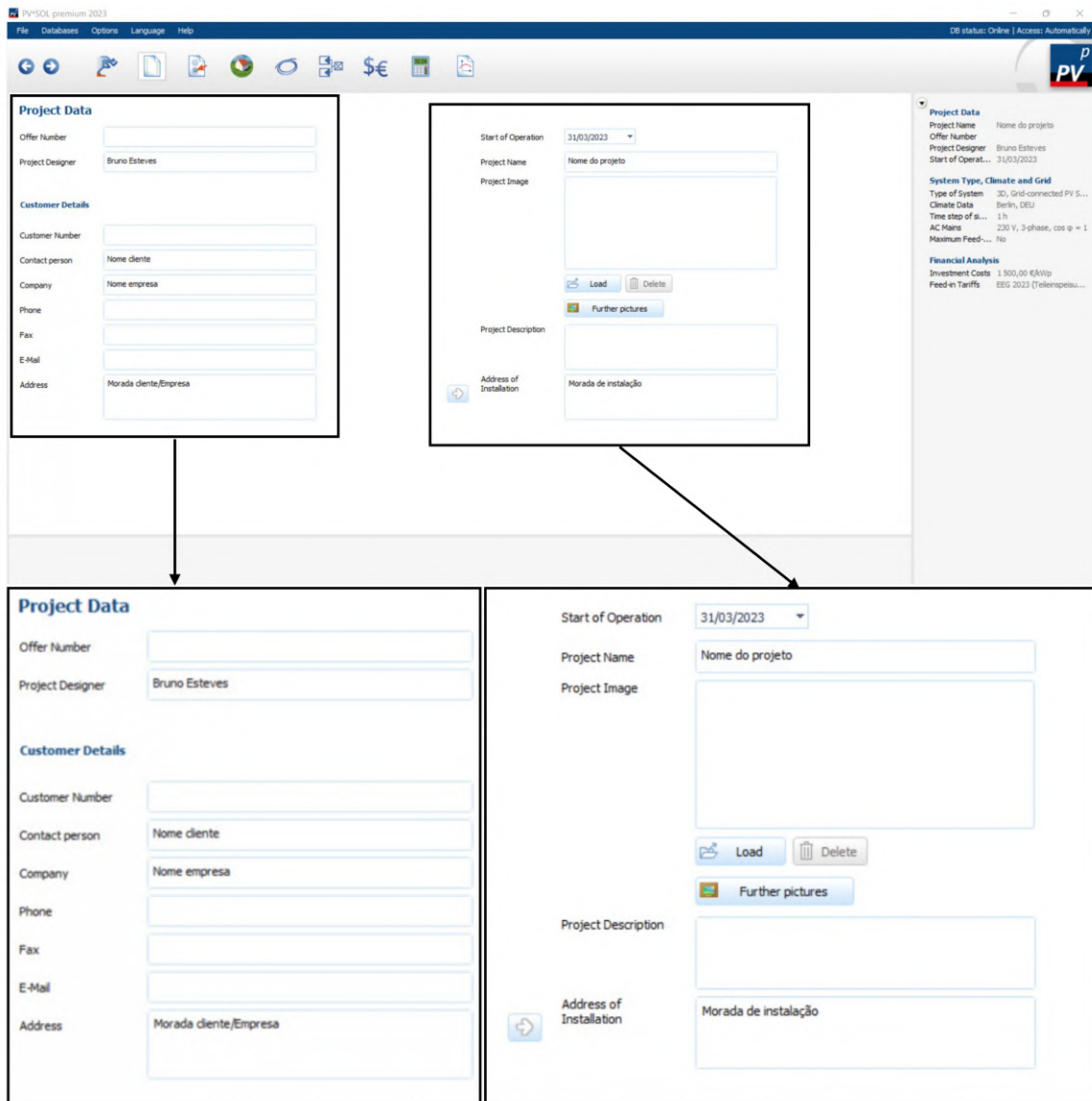


Figura 4.2: Informações sobre o projeto a realizar

De seguida, escolhe-se o tipo de sistema, tal como se pode ver na figura 4.3 o PV-SOL permite projetar diversos tipos de sistema, seja um sistema fotovoltaico simples no qual toda a produção é injetada na rede, um sistema de autoconsumo (com ou sem armazenamento) ou ainda um sistema fotovoltaico Off-Grid (isolado da rede elétrica).

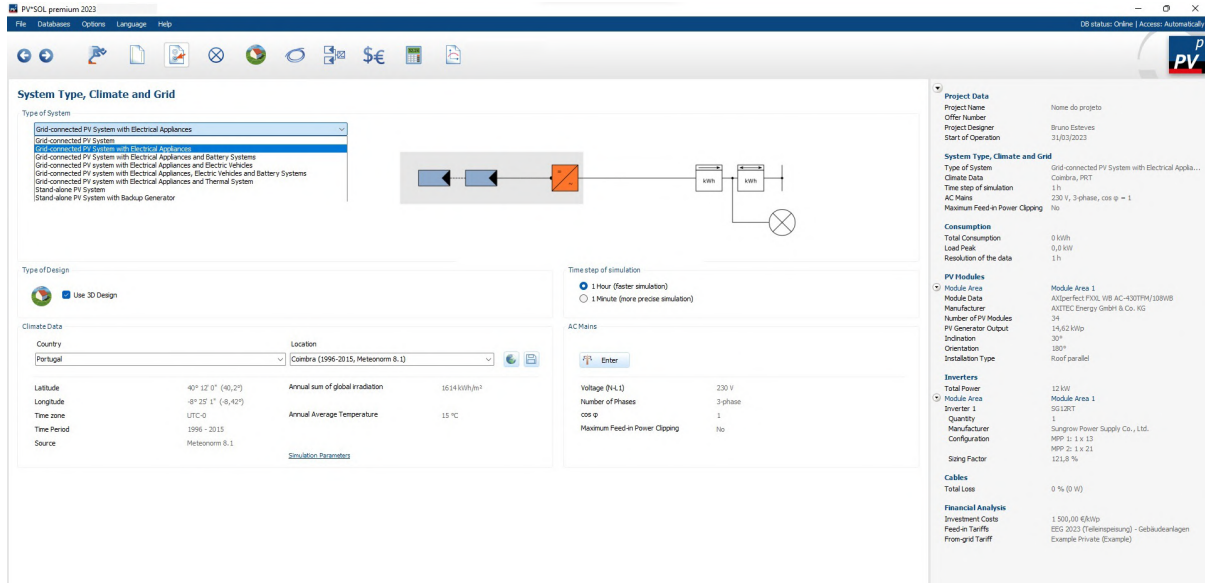


Figura 4.3: Escolha tipo de sistema, dados climáticos e parâmetros de rede

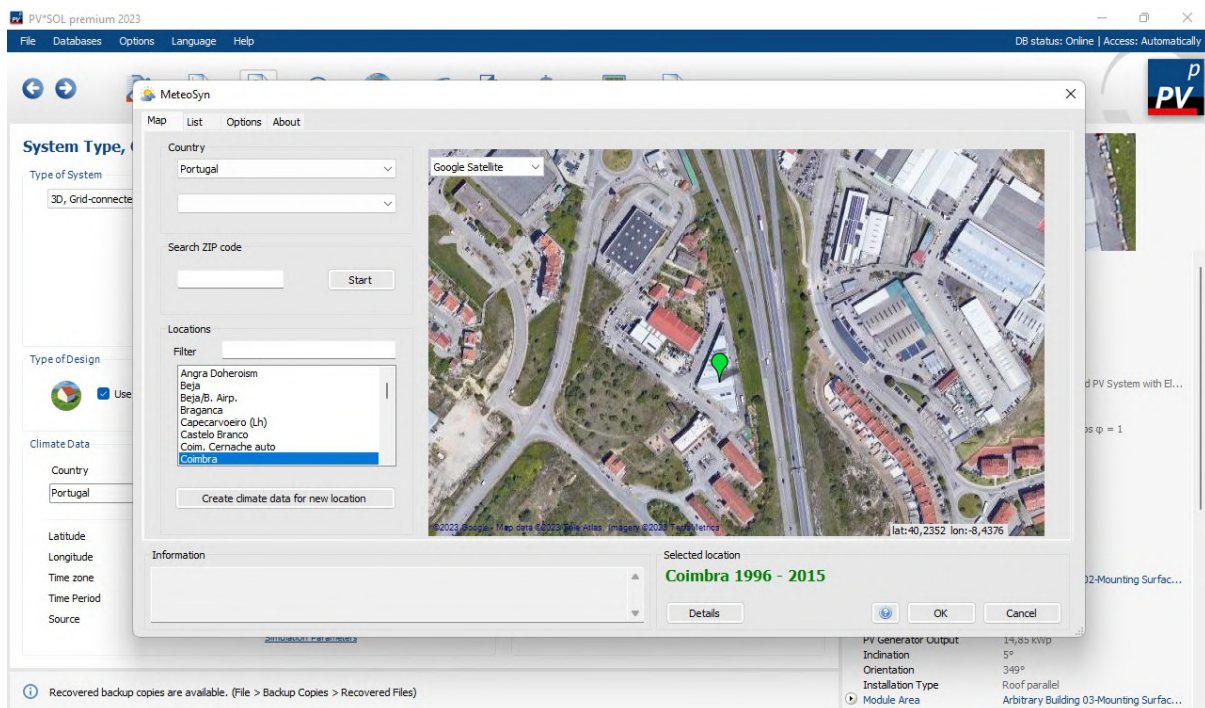


Figura 4.4: Escolha da localização da instalação

Neste ponto é ainda necessário definir a localização da instalação de forma a carregar os dados climáticos do local e assim poder calcular de forma mais precisa a produção do sistema a instalar.

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Como se pode ver na figura 4.4, este parâmetro é definido através da morada do local, caso o software não consiga localizar a morada, é possível inserir coordenadas geográficas de forma a localizar o edifício. Pode-se ainda alterar o modo de simulação e alguns parâmetros relativos a rede elétrica.

Um dos elementos que é pedido ao cliente no momento do primeiro contacto com o mesmo, é o seu consumo. Este dado é extremamente importante de forma a poder dimensionar corretamente a instalação do cliente.

Estes dados podem ser consultados nas faturas que o cliente nos fornece ou ainda no diagrama de cargas que é disponibilizado pela própria E-REDES a pedido do cliente.

Como se pode ver na figura 4.5, os dados de consumos são inseridos no *PVSOL*, este permite recriar uma curva de carga mensal ou anual dependendo dos dados que o cliente nos fornecer.

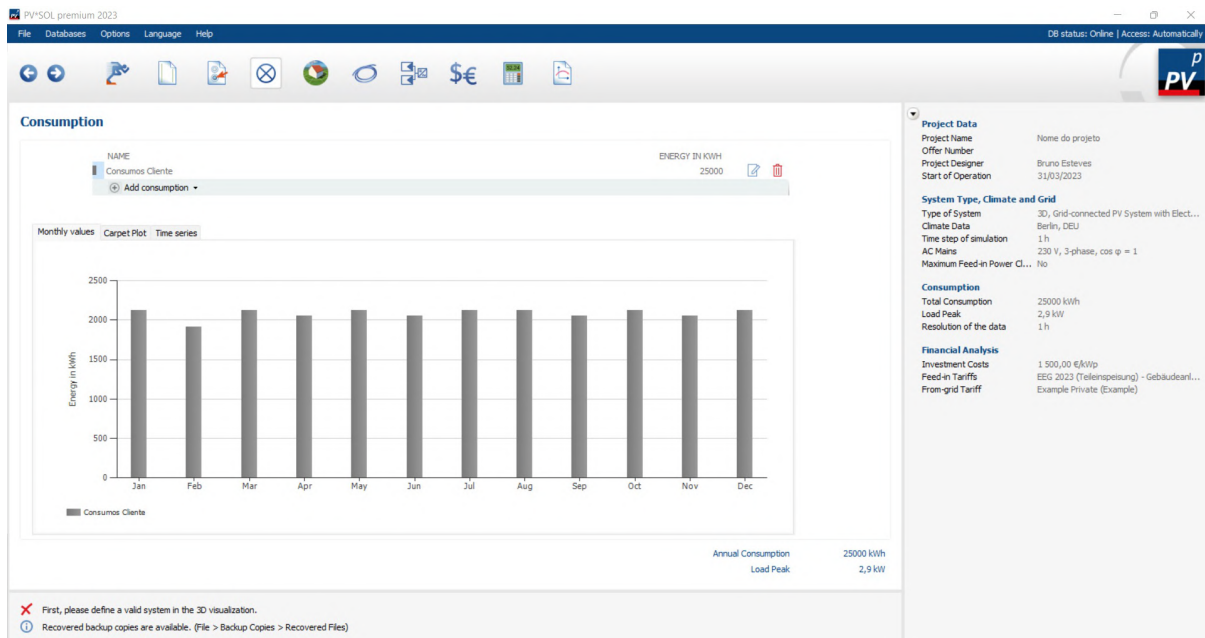


Figura 4.5: Dados de consumo do cliente

Em regra geral, o cliente fornece faturas relativas aos últimos 12 meses, com estas faturas podemos definir uma curva de consumo anual. Estes dados são inseridos no *PVSOL* como se pode ver na figura 4.6, existe ainda a possibilidade de definir diversos perfis de consumo tais como perfis para os dias de semana, os dias de fim de semana e as diferentes estações do ano.

Existem diversos perfis pré-definidos no *PVSOL*, pode-se escolher um perfil que possua características semelhantes ao do cliente, inserindo apenas o valor de consumo mensal retirado das faturas do cliente.

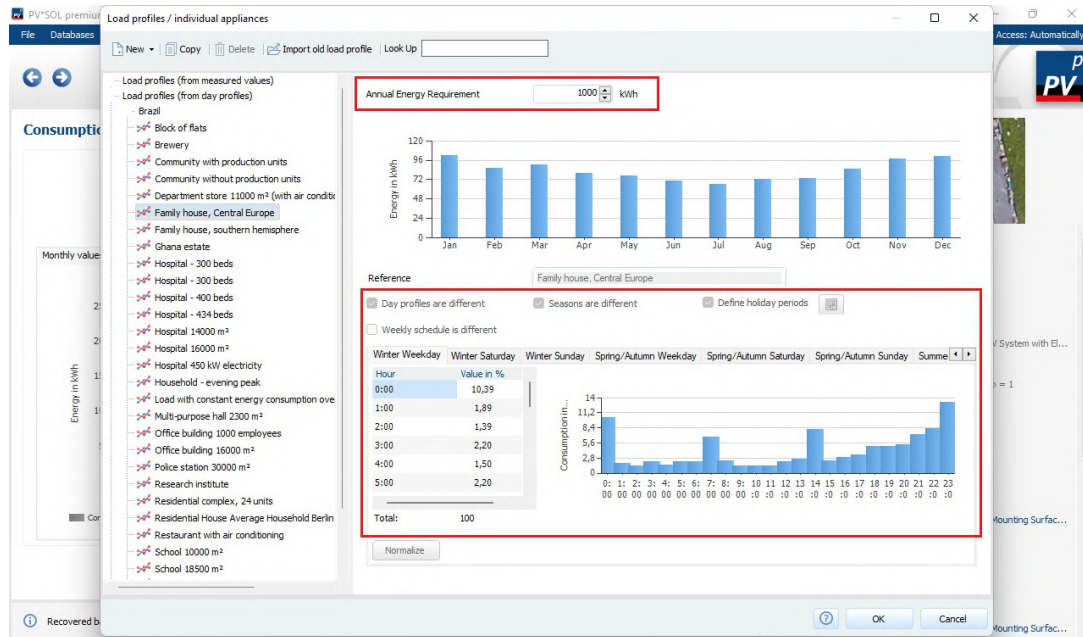


Figura 4.6: Dados relativos ao consumo do cliente

Os dados fornecidos pelo cliente, são em regra geral as faturas de energia elétrica relativas aos últimos meses. Quando não existem dados suficientes para recriar a curva de consumo elétricos do cliente, é feita uma extrapolação para a obtenção dos valores em falta. Neste caso curva obtida é aproximada a curva real cliente. Caso a instalação elétrica do cliente esteja equipada com um contador inteligente, é possível obter os valores de consumo a cada 15 minutos. O *PVSOL* permite a importação destes dados de forma a recriar a curva de consumos real do cliente.

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Neste caso, o perfil é importado diretamente para o *PVSOL*, tal como se pode ver na figura 4.7, sendo assim possível efetuar uma simulação mais precisa.

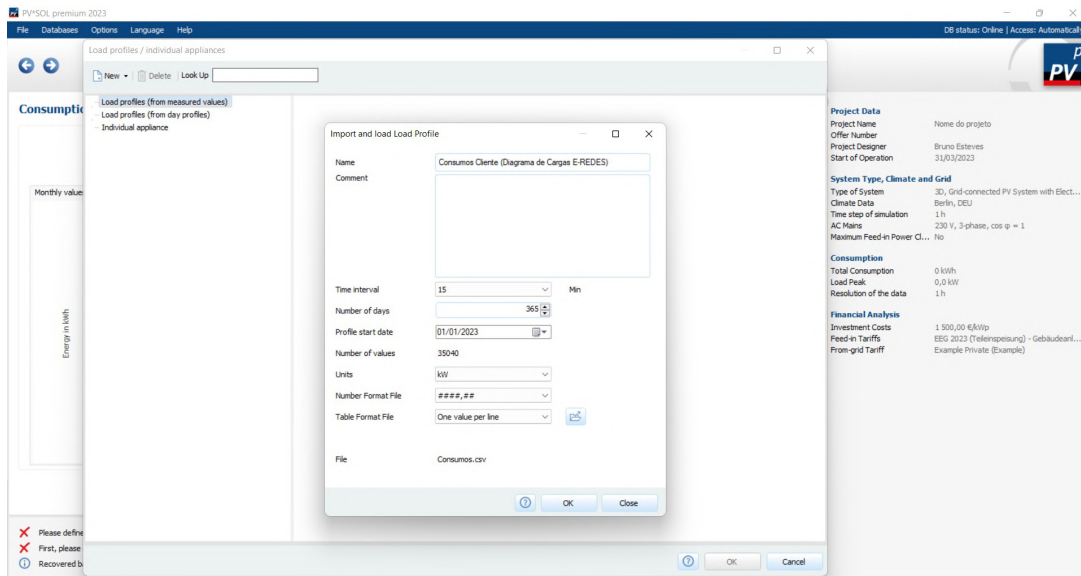


Figura 4.7: Importação do diagrama de cargas fornecido pela E-REDES

Após a importação para o *PVSOL*, este apresenta uma curva com os valores mensais tal como se pode ver na figura 4.8.

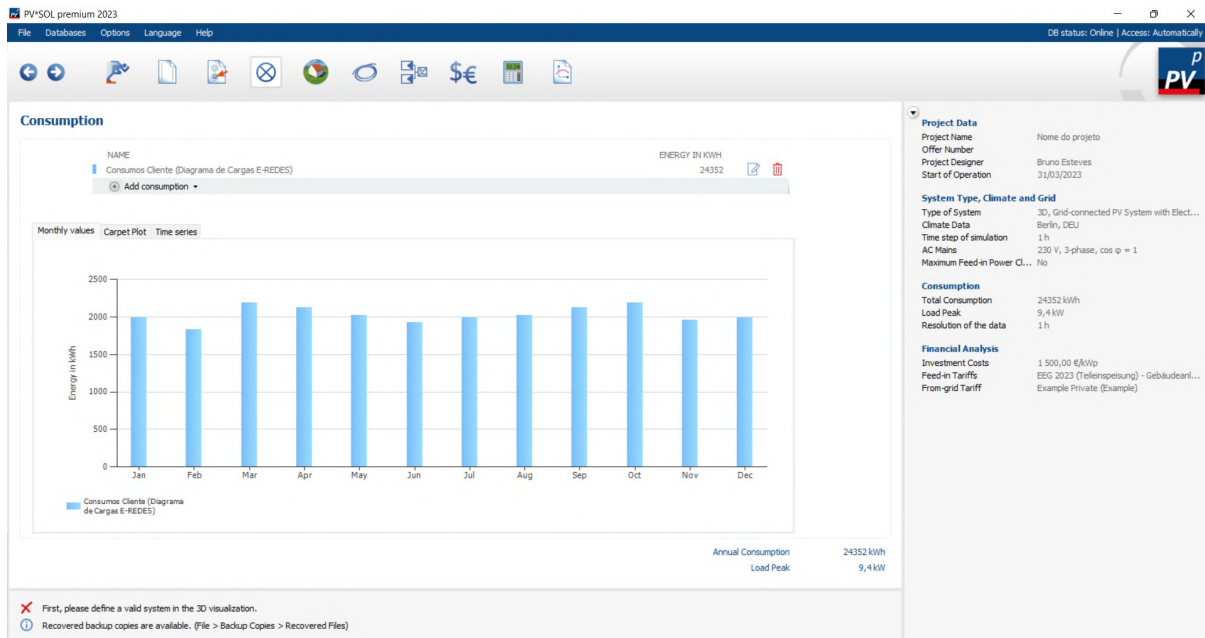


Figura 4.8: Diagrama de carga do cliente

Como se pode ver na figura 4.9, este software permite ainda realizar uma modelização 3D do edifício no qual os painéis serão instalados, esta modelização é feita recorrendo as imagens satélites fornecidas pela ferramenta *Google maps* ou pela ferramenta *Bing Maps*. O *PVSOL* recorre a diversos softwares (como por exemplo o software *Metronorm*) para calcular os dados meteorológicos do local no qual se está a realizar o projeto, graças a este calculo, é possível efetuar a projeção de sombras.

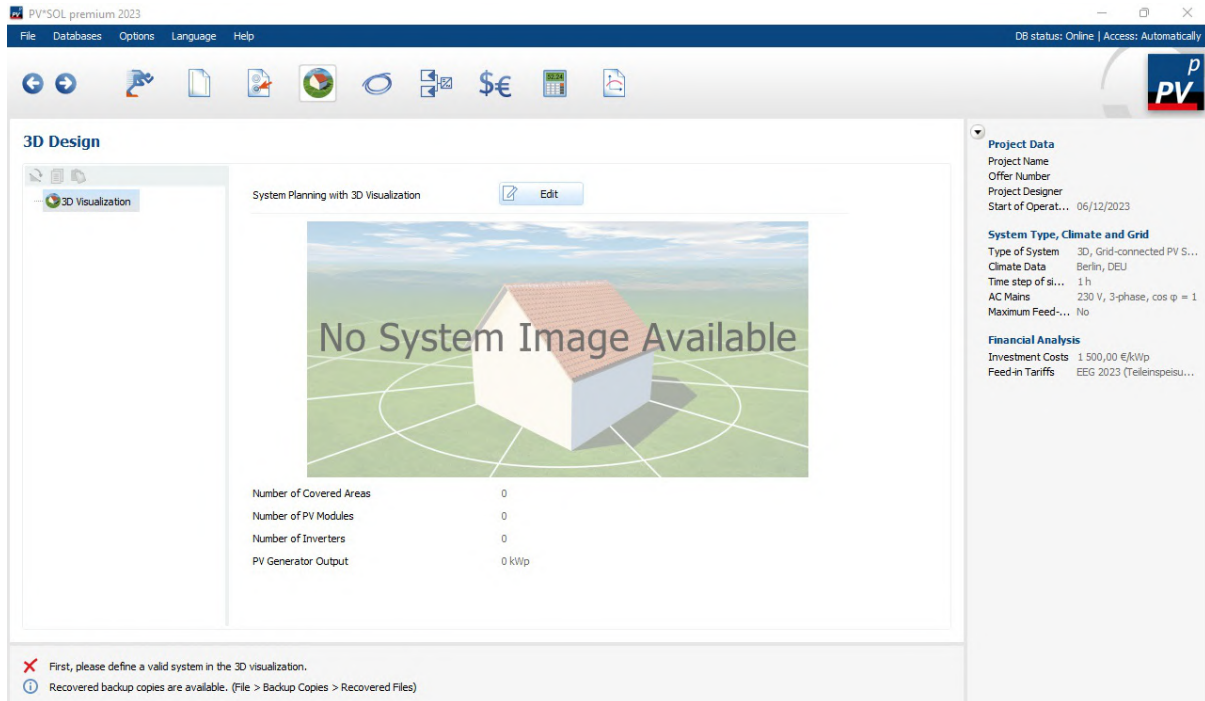


Figura 4.9: Modelização 3D do edifício

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Numa primeira etapa é necessário seleccionar o local da instalação, geralmente o software localiza automaticamente o local graças a morada que foi indicada nas informações gerais do projeto. Caso o local não seja automaticamente identificado podemos inserir a morada ou coordenadas geográficas de forma a chegar ao local desejado, tal como se pode ver na figura 4.10

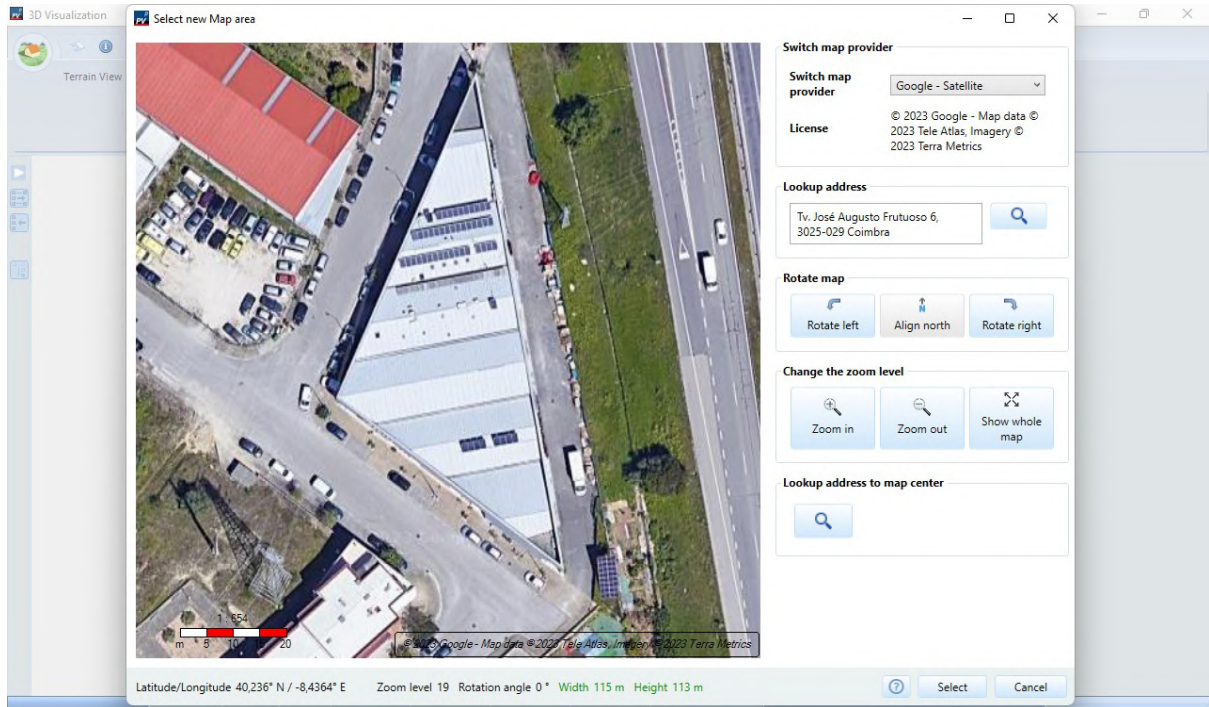


Figura 4.10: Localização do edifício onde será instalada a UPAC

Uma vez que temos o local definido, temos de proceder ao desenho 3D do edifício. Para isso, o *PVSOL* fornece diversas ferramentas de forma a poder desenhar um edifício que se aproxima o mais possível da realidade. Tal como se pode ver na figura 4.11 e 4.12, dispomos de diversas ferramentas específicas para desenhar os edifícios de forma mais realista possível.

Na figura 4.11 dispomos de diversas ferramentas que nos permitem desenhar o edifício e a cobertura do mesmo. É ainda possível colocar árvores no terreno caso estas existam e possam interferir com a instalação fotovoltaica. As ferramentas disponíveis são as seguintes:

- Colocação de árvores (A)
- Edifícios com formatos pré definidos (B)
- Muros (C)
- Áreas restritas (D)
- Importação de modelos 3D (E)
- Desenho de objetos 3D (F)
- Desenho de áreas restritas (G)

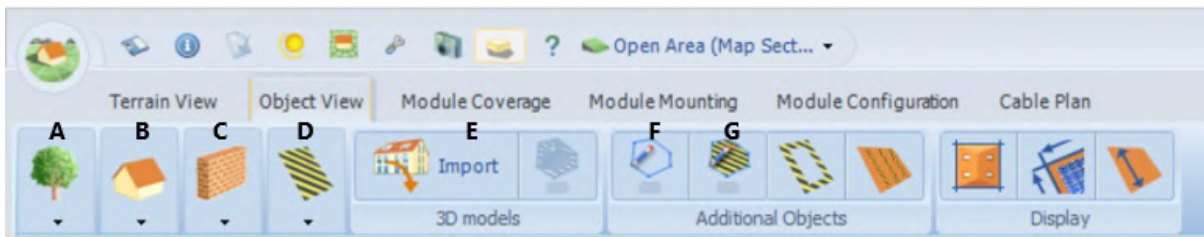


Figura 4.11: Ferramentas para desenhar o edifício

Na figura 4.12 dispomos de diversas ferramentas que nos permitem desenhar e colocar elementos nas coberturas. Estes elementos são por exemplo janelas, chaminés ou outras estruturas. Estes elementos são importantes pois condicionam o espaço disponível na cobertura, podendo ainda causar sombreamento nos módulos instalados. As ferramentas disponíveis para as coberturas são as seguintes:

- Colocação de chaminés (A)
- Colocação de lucarnas (B)
- Colocação de outros objetos (Muros, Alpendres) (C)
- Colocação de janelas (D)
- Colocação de zonas restritas (E)
- Importação de modelos 3D (F)
- Desenho de objetos 3D (G)
- Desenho de áreas restritas (H)
- Colocação de platibanda (I)
- Colocação de telhados em dente de serra (J)
- Configuração da estrutura do telhado (K)



Figura 4.12: Ferramentas para desenhar elementos da cobertura

As restantes ferramentas visíveis nas figuras 4.11 e 4.12 permitem consultar os planos dos objetos desenhados, permitem ainda apresentar as medidas dos diferentes elementos desenhados.

Na figura 4.13 procedeu-se ao desenho do edifício no qual se desejava realizar a instalação, para isso recorreu-se a ferramenta *Desenho de objetos 3D* do *PVSOL*, ferramenta *F* na figura 4.11. Como se pode ver na figura 4.13, na primeira etapa desenha-se o perímetro do edifício e extruda-se o mesmo recorrendo à ferramenta *Extrude 3D object* (A).

Dependendo da forma do edifício, o software sugere diversas configurações para a cobertura como por exemplo telhados com duas águas, uma água ou ainda telhado em dente de serra.

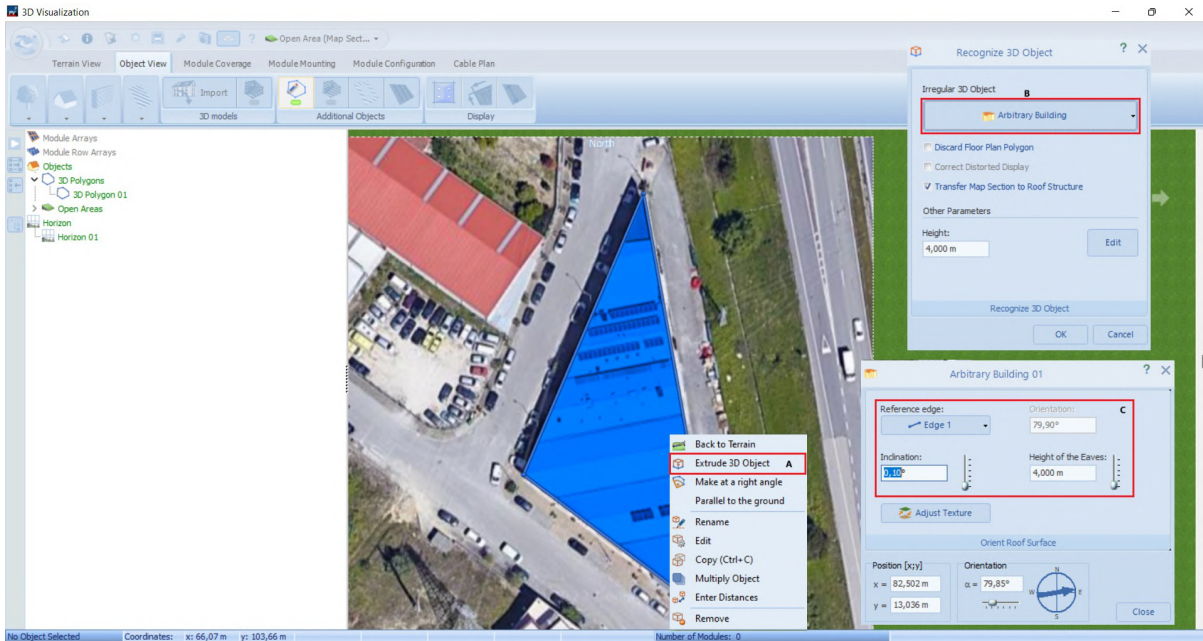


Figura 4.13: Desenho do perímetro do edifício

No caso apresentado na figura 4.13, devido a forma pouco comum do edifício, escolhe-se uma opção de *Arbitrary Building* (B), no qual apenas se insere o valor da altura do edifício, criando assim um edifício de telhado plano. É ainda possível editar parâmetros como a inclinação da cobertura e borda de referência (C).

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Na figura 4.14 pode-se ver o telhado devidamente desenhado. Devido a forma do edifício, torna-se necessário desenhar o telhado manualmente recorrendo a ferramenta *Desenho de objetos 3D*, ou seja desenha-se um objeto aleatório na cobertura do edifício, dando-lhe as formas e características desejadas para o telhado, neste caso a inclinação, borda de referência, altura e textura caso seja necessário

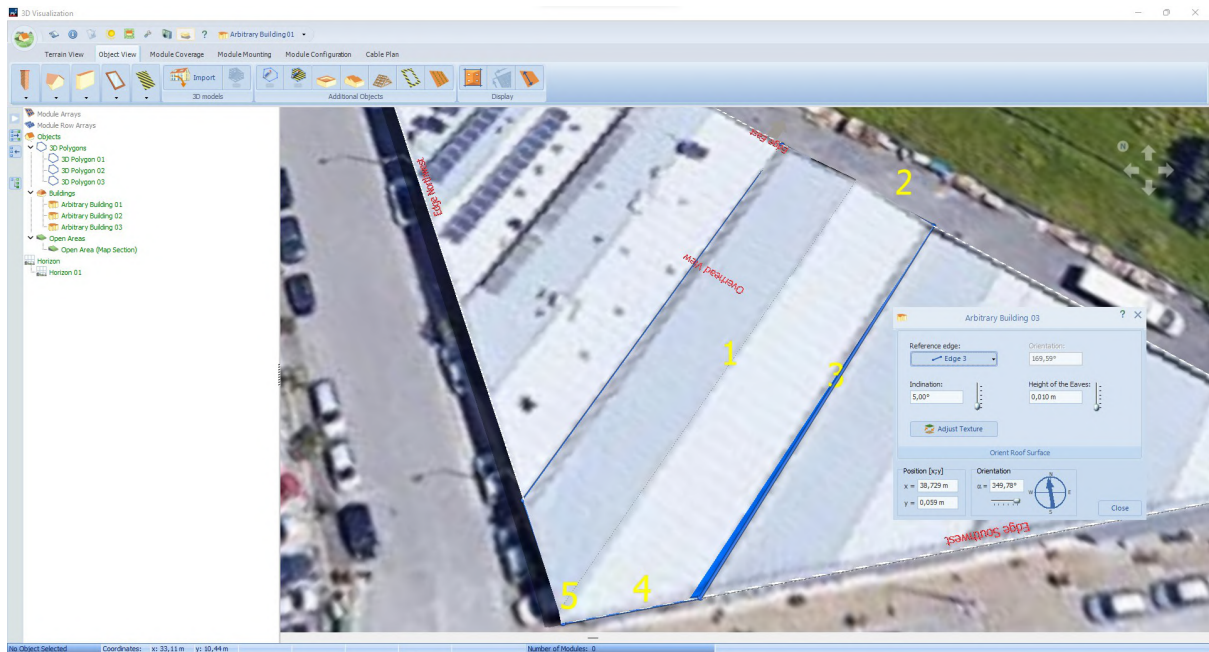


Figura 4.14: Desenho do telhado do edifício

Após a modelização 3D do edifício, passa-se a colocação dos módulos. Na figura 4.15 estão assinaladas as ferramentas disponíveis para a colocação de módulos. No caso da ferramenta *Module Coverage*, esta é usada para colocar módulos em telhados inclinados, sejam eles em telha ou chapa metálica, no qual não é necessário recorrer a estruturas para colocar o módulos num determinado ângulo. A ferramenta *Module Mounting* é maioritariamente usada em telhados planos ou terreno plano.

Na figura 4.15 pode se ver as diferentes opções disponíveis para a colocação de painéis. No caso apresentado, trata-se de uma cobertura metálica, pelo o que foi utilizada a ferramenta *Module Coverage*, nesta aba existem diversas opções como por exemplo:

- Escolha do módulo de referência (A1)
- Novo módulo (B1)
- Selecionar/editar módulo de referência (C1)
- Alterar orientação do módulo (D1)
- Colocar um único módulo (E1)
- Colocar um array de módulos (F1)
- Cobrir totalmente a área ativa (G1)
- Importar/Exportar sistema de montagem (H1)
- Calcular sombreamento (%) do sistema (I1)

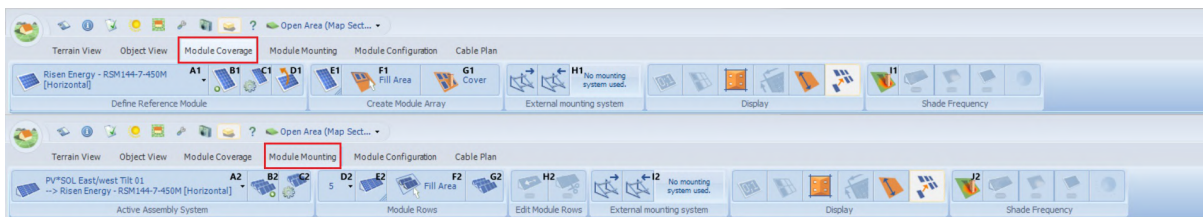


Figura 4.15: Ferramentas para colocação de módulos

Na figura 4.15 pode-se ver ainda a aba *Module Mounting*, esta opção é escolhida quando é necessário colocar uma estrutura para montar os módulos, como por exemplo nos telhados planos. As ferramentas disponíveis são semelhantes as que estão disponíveis na aba *Module Coverage*. As opções disponíveis são:

- Escolha do módulo de referência (A2)
- Novo sistema de montagem (B2)
- Selecionar/editar sistema de montagem (C2)
- Quantidade de módulos a colocar numa fileira (D2)
- Colocar fileira de módulos (E2)
- Colocar um array de módulos (F2)
- Cobrir totalmente a área ativa (G2)
- Editar fileiras de módulos (Acrescentar/remover) (H2)
- Importar/Exportar sistema de montagem (I2)
- Calcular sombreamento (%) do sistema (J2)

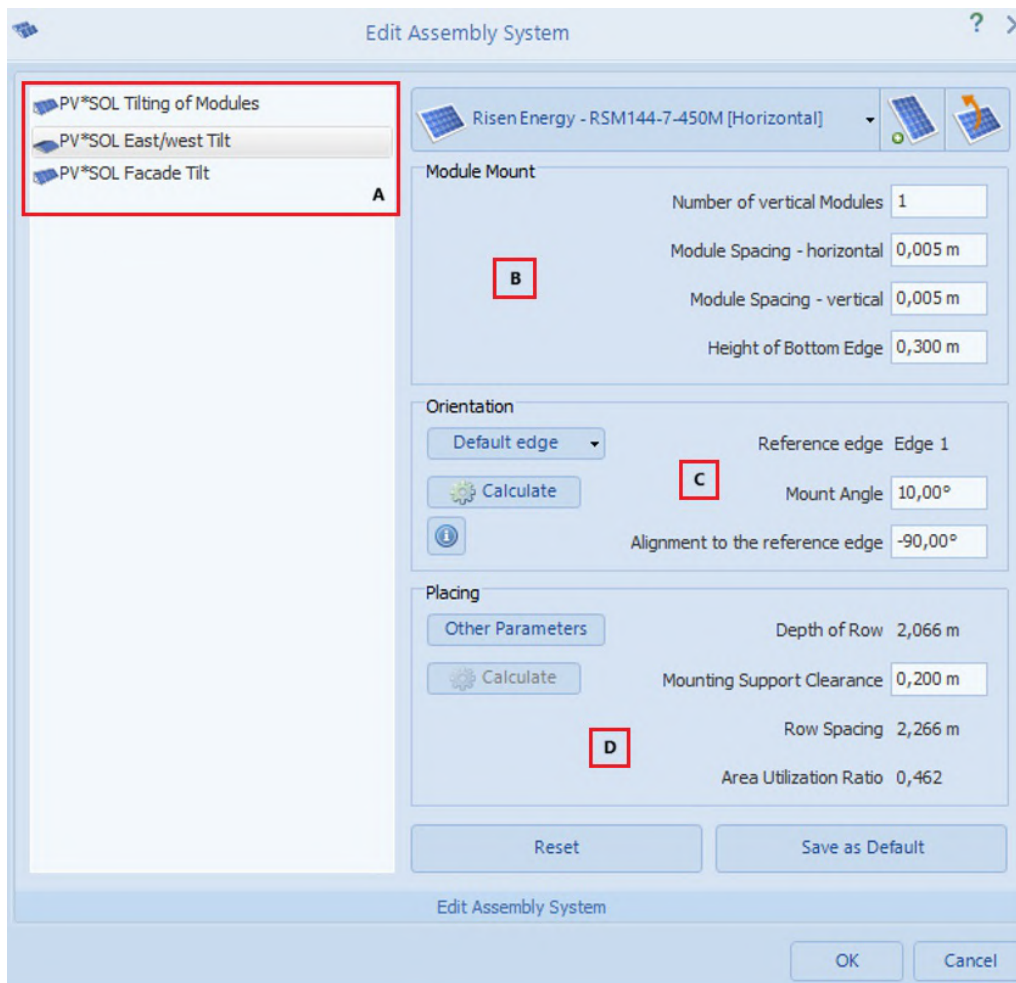


Figura 4.16: Configuração da estrutura

Quando se deseja inserir módulos com uma estrutura, é necessário selecionar o tipo de estrutura assim como as características desta. Na figura 4.16 pode-se observar os diversos parâmetros disponíveis relativos a configuração da estrutura.

Do lado esquerdo (A) podemos selecionar entre três tipos de estruturas disponíveis, sendo eles:

1. Orientação unica *Tilting of modules*
2. Orientação Este/Oeste *East/west Tilt*
3. Estrutura para fachadas *Facade Tilt*

A primeira opção para as estruturas com uma orientação apenas, a segunda opção aplica-se a estruturas com orientações este/oeste, e por fim, a terceira estrutura aplica-se quando é necessário instalar módulos nas fachadas dos edifícios.

No lado direito pode-se definir diversos parâmetros, estes estão divididos em três grupos. No grupo **B** temos os seguintes parâmetros módulo a aplicar, quantidade de módulos na vertical, distância entre módulos (Horizontal e vertical) e altura da borda inferior do módulo .

No grupo **C** temos: escolha da borda de referência, ângulo de montagem e alinhamento relativamente a borda de referência selecionada. (existe ainda a possibilidade de calcular a orientação ideal tendo em conta a localização da instalação.)

No grupo **D** apenas podemos alterar a distância entre fileiras de módulos, este parâmetro pode ter influência no sombreamento dos módulos.

Uma vez que o edifício está devidamente definido e os módulos posicionados na posição desejada, passa-se a seleção e configuração do inversor. A ferramenta *Module Configuration* permite efetuar a configuração do mesmo, o software *PVSOL* recebe atualizações constantes, o que lhe permite ter sempre uma lista de inversores atualizada.



Figura 4.17: Seleção das áreas a configurar

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Como se pode ver na figura 4.18, após a escolha do inversor **A** procede-se a atribuição das diferentes strings **B** aos diferentes *MPPT*'s disponíveis **C**. O *PVSOL* confirma se a configuração é possível, caso exista algum parâmetro que ultrapasse os limites definidos, este emite um alerta impedindo de guardar a configuração desejada até que esta seja alterada de forma a cumprir com os limites do inversor.

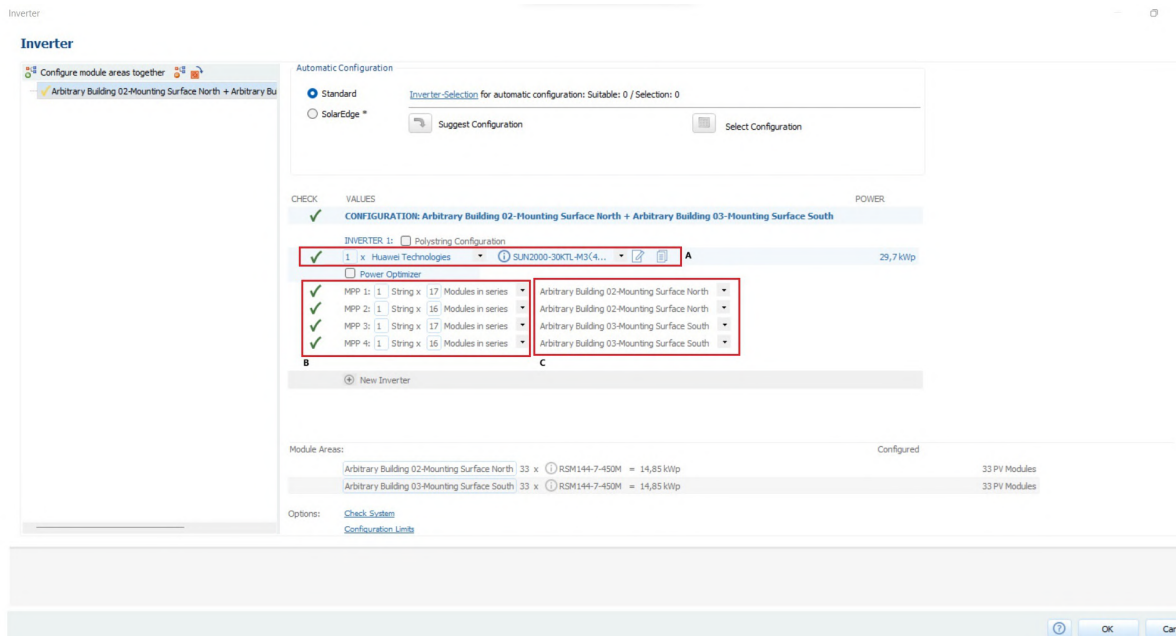


Figura 4.18: Escolha e configuração do inversor

Após a configuração dos inversores, é possível definir o ponto de partida, direção e curso das diferentes strings. Este parâmetro é definido de forma a definir o caminho mais vantajoso para as strings.

Na aba *Cable Plan*, é ainda possível visualizar o caminho definido da string, que foi definido anteriormente e ainda guardar em formato PDF o plano de strings.

Tal como se pode ver na figura 4.19, é apresentada uma vista aérea do edifício que foi desenhado, assim como um resumo da quantidade de módulos fotovoltaicos, inversores e a potência total instalada.

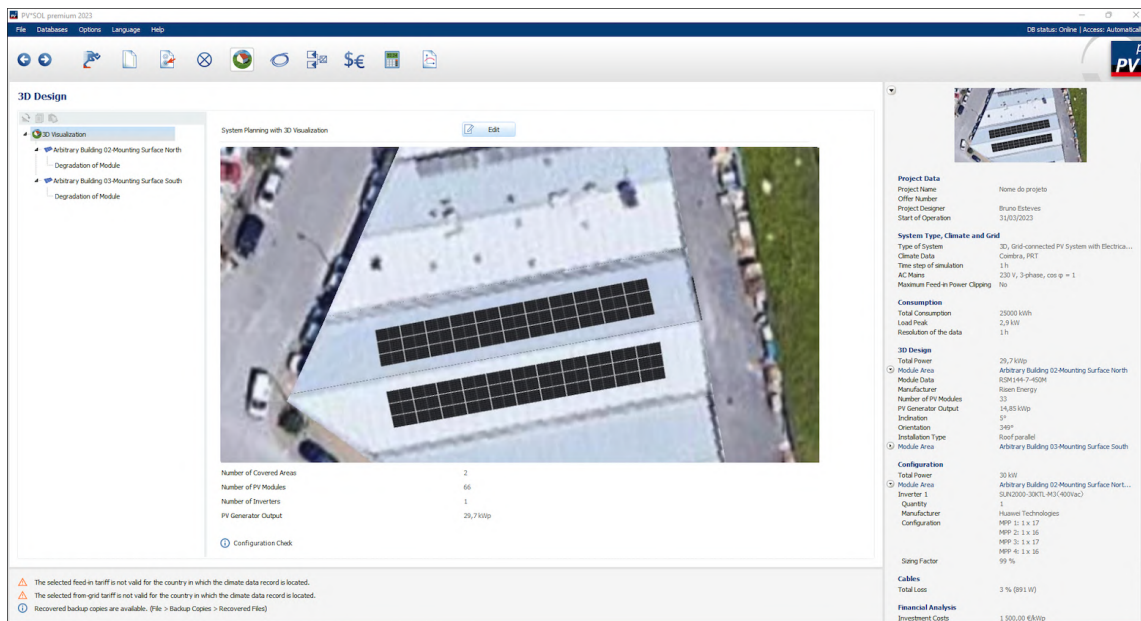


Figura 4.19: Modelização 3D do edifício

Após a modelização 3D, é possível definir alguns parâmetros como perdas nos cabos, perdas devido a sujidade ou ainda acrescentar alguns elementos nos esquemas fornecidos pelo PVSOL (como por exemplo contadores de produção) .

É ainda possível consultar um elevado número de gráficos, todos eles relativos a instalação que foi projetada anteriormente. No final, é gerado um relatório no qual é apresentada a modelização 3D do edifício assim como todos os valores de consumo, produção, perdas e ainda uma análise financeira de toda a instalação. Este relatório é entregue ao cliente juntamente com a proposta comercial.

O relatório é apresentado de forma mais detalhada no capítulo 6 onde se mostra um relatório de um caso de estudo, neste caso para a empresa Rotom.

4.1.4 Proposta e orçamento final para o cliente

Após a escolha dos componentes e a realização do projeto no software *PVSOL Premium*, passa-se a elaboração da proposta comercial para o cliente. Este documento contém toda a informação essencial sobre o sistema proposto ao cliente. No momento da criação da proposta são inseridos os preços de todos os elementos necessários à instalação tais como os módulos, o inversor, e o custo da instalação. Caso existam outros elementos como baterias, contadores de produção ou sistemas de monitorização estes também são inseridos.

Na proposta é igualmente inserido a localização da instalação, o tipo de autoconsumo (Com ou sem venda de excedente) assim como a caracterização da UPAC. São igualmente inseridos os dados provenientes da simulação efetuada através do software de simulação *PVSOL Premium*, o consumo anual do cliente, o valor de rendimento da instalação assim como a tarifa de aquisição de energia do cliente. Estes dados são necessários de forma a poder apresentar os valores de produção estimados ao cliente assim como o retorno esperado pela instalação (Payback).

1. INDICADORES PRINCIPAIS DO PROJETO

DADOS DA INSTALAÇÃO	
Nome do Projeto	Nome Projeto
Localização	Morada
Potência Nominal do Projeto	30,00kW
Potência Pico do Projeto	34,65kWp

DADOS ECONÓMICOS	
Preço Final (s/IVA)	25 000,00 €
Preço Wp Instalado (s/IVA)	0,72 €
Tarifa de Compra de Eletricidade (s/IVA)	0,12 €
Retorno do Investimento (Estimado)	5 anos
Poupança Prevista - 1 ano	4 535,67 €
Poupança Prevista - 15 anos	80 855,57 €
Poupança Prevista - 25 anos	153 067,55 €
Venda Prevista - 1 ano	1 371,45 €
Venda Prevista - 15 anos	24 445,61 €
Venda Prevista - 25 anos	46 277,96 €
Proveito Acumulado - 1 ano	5 906,97 €
Proveito Acumulado - 15 anos	105 301,18 €
Proveito Acumulado - 25 anos	199 345,51 €

Figura 4.20: Indicadores principais do projeto

Na figura 4.20 podemos observar os dados principais da instalação, como o nome, morada, potência nominal (inversor) assim como a potência do gerador. São ainda apresentados os principais dados económicos, ou seja, o preço final, o preço por Wp (Watt pico) instalado, a tarifa de compra de eletricidade, o retorno do investimento esperado e ainda os valores de poupança, venda e proveito do sistema. Estes valores de poupança e venda são calculados com base em valores estimados de produção e de consumo do cliente, estes podem sofrer algum desvio dado que existem diversos parâmetros que podem mudar ao longo do tempo tal como por exemplo a tarifa de compra a rede ou a produção anual do sistema.

No ponto 6 da proposta final, podemos encontrar a solução técnica proposta. Tal como se pode ver na figura 4.21 são apresentados os diferentes elementos relativos a instalação. Na parte superior da figura 4.21 é feito um pequeno resumo da instalação elétrica do cliente, na parte intermédia é apresentada a potência nominal assim como a potência de pico do sistema proposto, é ainda apresentado o valor estimado de emissões de CO₂ evitadas anualmente e em 25 anos.

6. SOLUÇÃO TÉCNICA PROPOSTA

De acordo com os dados fornecidos, a instalação elétrica de consumo apresenta as seguintes características:



A UPAC projetada é composta pelos seguintes componentes:

DESCRIÇÃO DE EQUIPAMENTOS		
ELEMENTOS	QT.	DESCRIÇÃO
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	77	Risen RSM144-7-450M 450M Monocristalino
INVERSOR(ES)	1	Huawei SUN2000-30KTL-M3
ESTRUTURA	1	Estrutura K2 Systems Alumínio Para telhado inclinado sandwich
CONTAGEM	1	ITRON SL7000 - Inclui cartão de dados GSM M2M com uma validade de 1 ano. A contar da data da conclusão da instalação. *
CAIXAS & PROTEÇÕES	-	Tubos de proteção mecânica, caixa de corte AC com disjuntor bipolar, caixa de contagem.
CABOS & ACESSÓRIOS	-	Cabo AC, cabo DC, fio de terra e ligadores diversos (machos e fêmeas)
DIVERSOS	-	Sinalética para a instalação, parafusos, buchas, etc.
SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO	1	Fusion Solar
ARMAZENAMENTO DE ENERGIA	0	Não incluído.

Figura 4.21: Solução Técnica Proposta

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

No que toca a descrição de equipamentos, podemos ver um breve resumo do material proposto ao cliente tais que:

- Marca, modelo e quantidade de módulos fotovoltaicos;
- Marca, modelo e quantidade de inversores;
- Tipo de estrutura aplicada;
- Marca e modelo do sistema de contagem (caso exista);
- Sistema de monitorização (caso exista);
- Armazenamento de energia (bateria) (caso exista).

Na figura 4.22, é apresentada a tabela com a indicação das diferentes garantias do sistema. Cada elemento do sistema tem as suas condições e duração de garantia. Esta tabela apresenta um breve resumo sobre a duração da garantia da instalação, dos módulos fotovoltaicos, dos inversores, da estrutura e da bateria caso a mesma tenha sido instalada. Os restantes elementos como sistemas de monitorização, contadores e outros acessórios, tem uma garantia de 2 a 3 anos.

7.1. Sinopse das garantias

GARANTIAS DO SISTEMA			
GARANTIA DE	PRESTAÇÃO POR	PRAZO	
INSTALAÇÃO	Sunenergy	3 Anos	
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	Fabricante	Produto	12 Anos
		Performance	10 Anos 93.05% Produção inicial 25 Anos 84.8% Produção inicial
INVERSOR(ES)	Fabricante	5 Anos	
ESTRUTURA	Fabricante	12 Anos	
BATERIAS	Fabricante	Não incluída.	

Figura 4.22: Resumo das garantias do sistema

Por fim, são apresentados dois gráficos tal como se pode ver na figura 4.23. No gráfico superior, podemos observar a estimativa de poupança mensal assim como o retorno gerado pela venda de energia à rede. Para efeitos de cálculo, a energia produzida é valorizada a tarifa de compra que foi indicada. Graças à simulação feita no software de simulação *PVSOL Premium*, é possível extrair o valor da percentagem de autoconsumo, isto é, a percentagem de energia que é diretamente consumida da UPAC. Com estes valores, é calculada uma poupança mensal estimada.

No gráfico inferior da figura 4.23, são apresentados os valores de poupança num prazo de 25 anos, graças a este gráfico é possível ao cliente visualizar a poupança ao longo dos anos. Tendo em conta o custo da instalação e as poupanças previstas, é possível estimar o tempo necessário para que o investimento seja recuperado

8.1. Poupança e Venda Estimadas

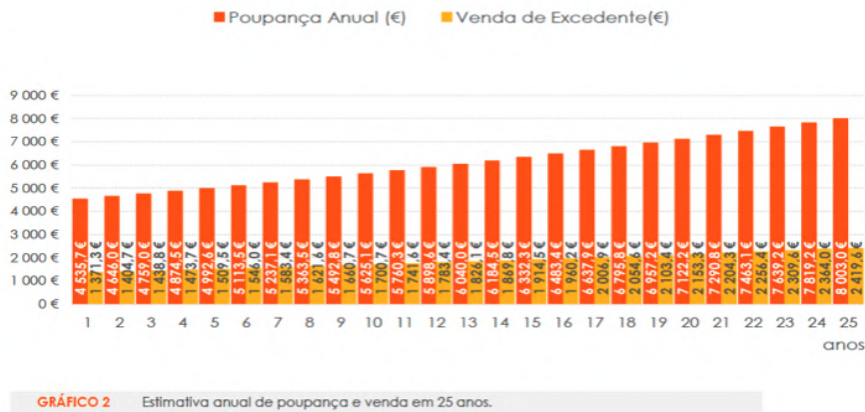
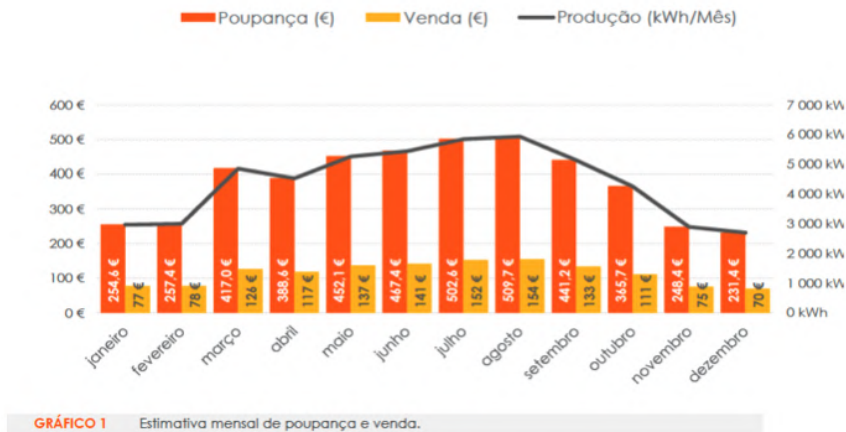


Figura 4.23: Estimativa mensal e em 25 anos de poupança e venda

4.1.5 Registo no SRIESP da DGEG

Segundo o Decreto-Lei nº 15/2022 todas as instalações cuja a potência instalada seja superior a 700 W e inferior a 30 kW é sujeita uma MCP (Mera Comunicação Prévia). Esta comunicação é feita através do portal do SRIESP da DGEG. As instalações com potências superiores a 30 kW estão sujeitas a registo prévio e a emissão de um certificado de exploração. O registo é feito com o email do cliente, e para efetuar a comunicação prévia é necessário preencher um formulário, tal como se pode ver na figura 4.24, no qual inserimos diversas informações tais que:

- Denominação Social;
- CPE (Código Ponto de entrega);
- Tipo de fontes;
- Potência (Geradores, Inversores, Contratada, Requisitada e certificada);
- Marca e modelo do(s) inversor(es) e painéis;

- Entidade instaladora;
- Técnico Responsável.

The image shows a web form titled 'MCP' with the subtitle 'Registo de nova MCP'. The form is divided into several sections:

- Header:** 'Registo de nova MCP'.
- Identification:** Fields for 'Denominação social', 'NIF/NIPC', 'CPE', and 'Operador de rede'. A 'Verificar' button is next to the 'Operador de rede' field.
- Address:** Fields for 'Morada' and 'Código Postal'.
- Contact and Technical Data:** Fields for 'Pessoa contacto', 'Telmovel', 'Comprovativo', 'Potência contratada' (with a 'kW' unit), 'Tensão de alimentação', and 'Tensão de contagem' (with a 'V' unit). There is a 'Ficheiro upload...' button for the 'Comprovativo' field.
- Energy Sources:** A section titled 'Tipo de Fontes' with radio buttons for 'Solar', 'Hídrica', 'Eólica', 'Biomassa', and 'Biogás'.
- Potências:** Fields for 'Potência geradores' (with a 'kW' unit), 'Pot. Inst. (Inversores)', 'Injeta energia na rede', 'Limitador (marca/modelo)' (a dropdown menu with '(Selecione)' selected), and 'Potência requisitada' (with a 'kW' unit). There is also a 'Potência certificada' field (with a 'kW' unit).
- Responsible Parties:** Fields for 'Tipo Entidade', 'Entidade Instaladora (nº DGEI)' (with a search icon), and 'Técnico responsável execução'.
- Attachments:** Fields for 'Termo responsabilidade' and 'Esquema unifilar', each with a 'Ficheiro upload...' button.
- Footer:** 'Gravar' and 'Página Principal' buttons.

Figura 4.24: Formulário de registo para uma instalação fotovoltaica (MCP)

Esta comunicação prévia aplica-se às instalações com potências instaladas até 30 kW, para instalações acima de 30 kW é feito o registo da UPAC no SRIESP através de um formulário semelhante. Para este tipo de instalações é necessário pagar diferentes taxas definidas pela **Portaria n.º 16/2020** (ver capítulo enquadramento legal). Após o pagamento das diferentes taxas, é feito um pedido de inspeção a instalação, caso não seja detetada nenhuma inconformidade a empresa inspetora emite o certificado de exploração.

4.1.6 Esquemas unifilares e termo de responsabilidade

Tal como referido no ponto anterior, todos os registos efetuados no SRIESP necessitam da elaboração de um esquema unifilar da instalação assim como um termo de responsabilidade assinado pelo Engenheiro responsável da instalação e pela direção da empresa instaladora.

Na figura 4.25 está representado um esquema unifilar de um dos projetos realizados ao longo deste estágio, esta instalação conta com 97 painéis de 450 Wp divididos em sete strings, seis de 14 painéis e uma de 13 painéis. O inversor tem uma potência nominal de 40 kW com quatro entradas MPPT, neste modelo é possível ligar até duas strings por MPPT.

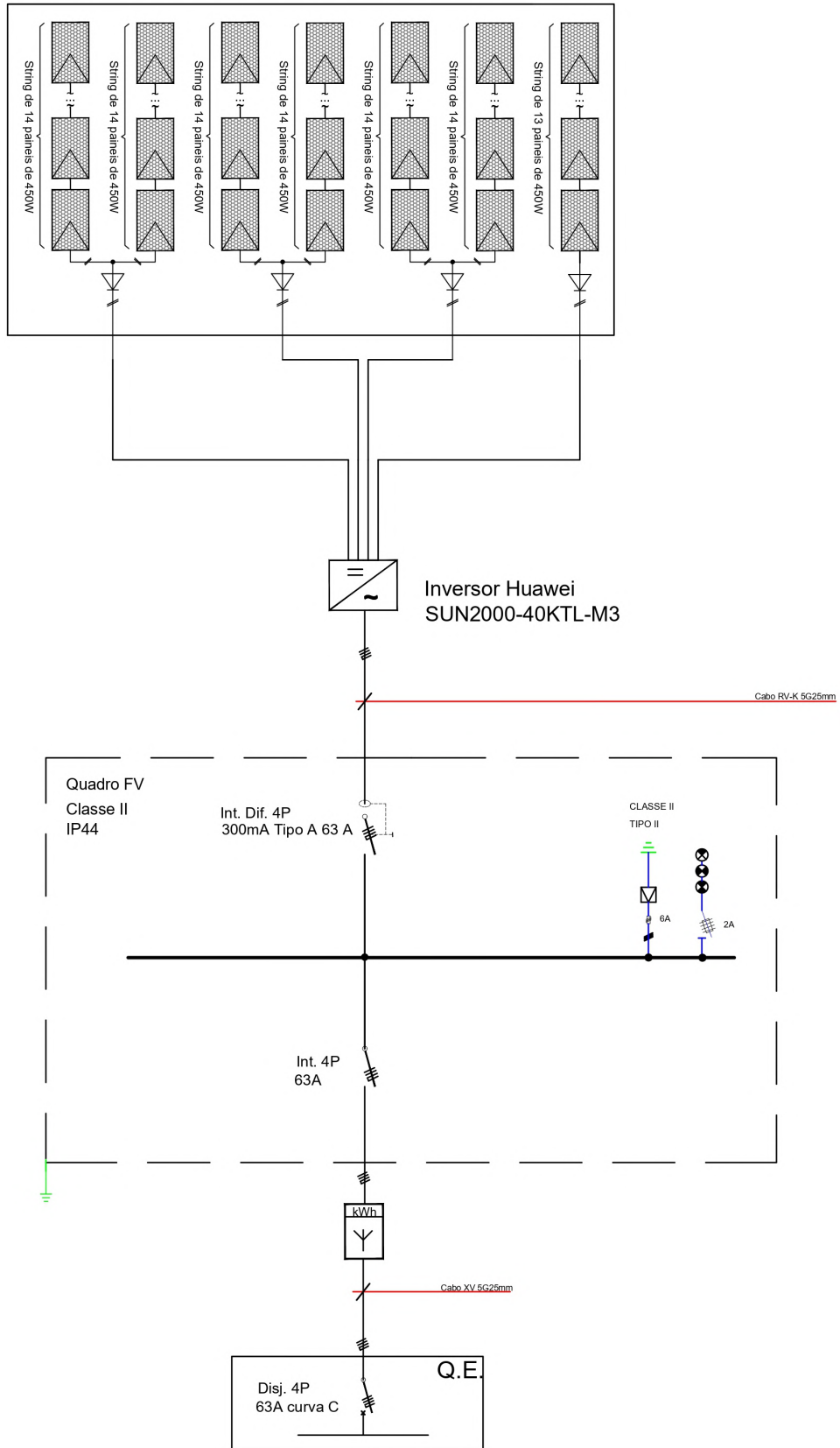


Figura 4.25: Esquema unifilar de uma instalação fotovoltaica

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE DE EXECUÇÃO

Original Sunenergy, Lda, inscrita na DGEG com o n.º 607, com habilitação para o exercício de atividade devidamente enquadrado no regime jurídico aplicável à execução (Lei n.º 14/2015, de 16 de Fevereiro) de instalações elétricas de produção, declara:

1. Haver executado a unidade de produção associada ao CPE PT000 sita na abaixo descrita em conformidade com a legislação vigente e as regras técnicas aplicáveis, sob a responsabilidade do técnico Paulino Oliveira, inscrito na DGEG com o n.º
2. A referida unidade de produção se encontra instalada e em condições de entrar em exploração, cumprindo os requisitos de ligação à rede, nomeadamente o Regulamento (EU) 2016/631 (RfG) e a Portaria n.º 73/2020, de 16 de março.

Potência instalada (kW)	Potência nominal (kW)	Potência de injeção (kW)	Fonte Primária	Tecnologia Utilizada
3 kW	3 kW	3 kW	Solar	Fotovoltaico

PAULINO OLIVEIRA
2023.02.28 17:02:59 Z
(Técnico responsável pela execução)

RAUL DOS SANTOS
Assinado de forma digital por RAUL DOS SANTOS
Dados: 2023.03.01 09:55:34 Z
(A gerência)

Figura 4.26: Termo de responsabilidade da empresa instaladora

Na figura 4.26 é apresentado um termo de responsabilidade relativo a instalação de uma UPAC (MCP) com uma potência nominal de 3.0 kW. Neste termo constam diversos dados relativos a instalação como: CPE , morada completa, assim como o titular da instalação. Este documento é assinado pelo engenheiro responsável e pelo diretor geral da empresa instaladora.

4.2 Pós venda e monitorização

Após a venda e instalação do sistema fotovoltaico, a Sunenergy fornece um acompanhamento regular da instalação. Graças ao sistema de monitorização a equipa de engenharia pode efetuar verificações de forma remota para garantir que o sistema do cliente se encontra em pleno funcionamento. Regularmente, a equipa de engenharia faz uma verificação rápida em todas as instalações efetuadas, o sistema de monitorização permite aceder aos dados em tempo real e ao histórico de consumo e produção. Graças a esses dados é possível avaliar o desempenho do sistema e assim detetar possíveis falhas ou avarias.

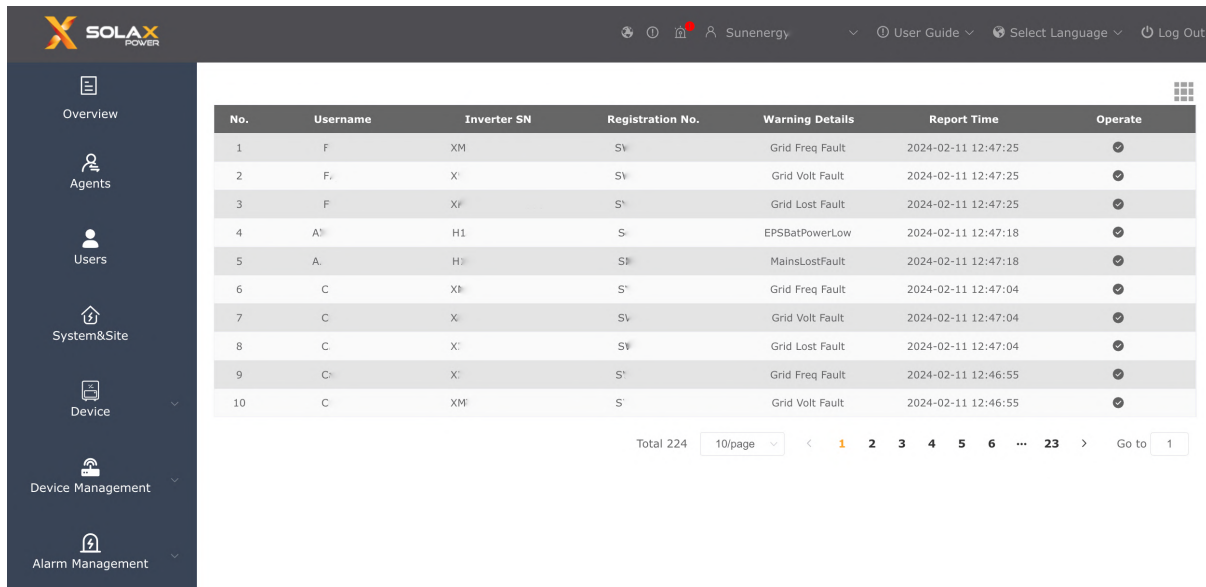


Figura 4.27: Sistema de monitorização *SolaxCloud*

Na figura 4.27 pode-se observar uma das diferentes plataformas de monitorização, neste caso trata-se da plataforma *SolaxCloud*. Estas plataformas são disponibilizadas pelos fabricantes dos inversores de forma a poder configurar e monitorizar os diversos parâmetros da instalação fotovoltaica. Na figura 4.27 pode-se observar que o sistema do cliente não se encontra em funcionamento normal. Neste caso, o inversor encontra-se em modo EPS, o que significa que a instalação fotovoltaica perdeu a ligação a rede elétrica e que a alimentação de emergência do inversor se encontra ativa de forma a alimentar as cargas críticas a elas ligadas.

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Esta plataforma permite ao instalador monitorizar as instalações realizadas e fazer uma primeira análise remota em caso de avaria. Na figura 4.28 podem-se ver uma lista de alertas que são relativos a possíveis avarias nas instalações dos clientes. Estes alertas podem surgir por avarias momentâneas, como uma falha de comunicação, por exemplo, ou permanentes no qual a produção é interrompida.



No.	Username	Inverter SN	Registration No.	Warning Details	Report Time	Operate
1	F	XM	SV	Grid Freq Fault	2024-02-11 12:47:25	🗑️
2	F.	X'	SV	Grid Volt Fault	2024-02-11 12:47:25	🗑️
3	F	XF	S'	Grid Lost Fault	2024-02-11 12:47:25	🗑️
4	A	H1	S	EPSEBatPowerLow	2024-02-11 12:47:18	🗑️
5	A.	H	S	MainsLostFault	2024-02-11 12:47:18	🗑️
6	C	X	S'	Grid Freq Fault	2024-02-11 12:47:04	🗑️
7	C	X'	SV	Grid Volt Fault	2024-02-11 12:47:04	🗑️
8	C	X'	SV	Grid Lost Fault	2024-02-11 12:47:04	🗑️
9	C	X'	S'	Grid Freq Fault	2024-02-11 12:46:55	🗑️
10	C	XM	S'	Grid Volt Fault	2024-02-11 12:46:55	🗑️

Figura 4.28: Lista de alertas na plataforma *SolaxCloud*

Numa primeira etapa, quando é detetada uma avaria, tenta-se perceber se a avaria está presente ou se apenas foi devido a uma falha intermitente. São analisados os valores de tensão e corrente dos campos solares, caso estes valores se encontrem dentro dos parâmetros esperados, o erro é apagado e feito um seguimento nos dias seguintes.

Caso os valores não se encontrem dentro dos parâmetros, efetua-se um contacto com o cliente de forma a tentar perceber se houve algum elemento que possa ter causado a avaria. Caso o problema se mantenha é agendada uma intervenção técnica no qual o sistema será avaliado por um técnico de forma a resolver o problema.

Na figura 4.27 o inversor encontra-se em modo EPS, o que significa que este perdeu a ligação a rede elétrica e que apenas se encontra a alimentar as cargas críticas que se encontrem ligadas a alimentação de emergência. Neste caso, pode não se tratar de uma avaria mas sim de uma simples falha elétrica da rede, caso o inversor não retorne ao modo de operação normal, será pedido ao cliente para verificar todos os disjuntores relativos a instalação elétrica, tanto da casa como da instalação fotovoltaica, de forma a perceber a origem do problema.

5 IMPACTOS DO FOTOVOLTAICO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA

De uma forma geral, as energias renováveis são benéficas, no entanto, estas dependem de recursos naturais que não são reguláveis nem constantes ao longo do dia. Neste caso, a produção de um sistema fotovoltaico estará diretamente relacionado com a exposição solar do mesmo, a diminuição de radiação numa instalação fotovoltaica leva a uma diminuição da produção. Em grande escala, a quebra de produção dos sistemas fotovoltaicos pode causar certas perturbações na rede elétrica.

5.1 Efeito *Duck Curve*

A Duck Curve (Curva do pato em Português), é o nome ao fenómeno que ocorre na rede elétrica de distribuição quando existe uma forte componente de energia renovável proveniente dos sistemas fotovoltaicos. Esta curva representa a diferença entre a energia consumida e a produção de energia através de sistemas fotovoltaicos. Este fenómeno ficou conhecido como tal devido a sua semelhança com um pato, tal como se pode ver na figura 5.1. Durante o dia existe um excesso de produção de energia o que origina uma diminuição do consumo da energia na rede elétrica. O problema surge no final do dia, onde se pode ver que o gráfico apresenta uma rampa que é originada pelo aumento de carga acentuado assim como a diminuição da produção fotovoltaica devido a diminuição da radiação solar [46].

Este fenómeno está muito presente nos Estados Unidos da América, mais precisamente na Califórnia, onde existe uma elevada quantidade de instalações fotovoltaicas. Atualmente já se começa a observar este fenómeno em Portugal, assim como na península ibérica.

5.2 Impacto no mercado elétrico

Atualmente, tanto em Portugal como em Espanha, o número de instalações fotovoltaicas tem vindo a aumentar consideravelmente. A título de exemplo, atualmente em Portugal a potência instalada em termos de sistemas fotovoltaicos é de aproximadamente 3350 MW [9]. Este valor tem vindo a aumentar cada vez mais de ano para ano.

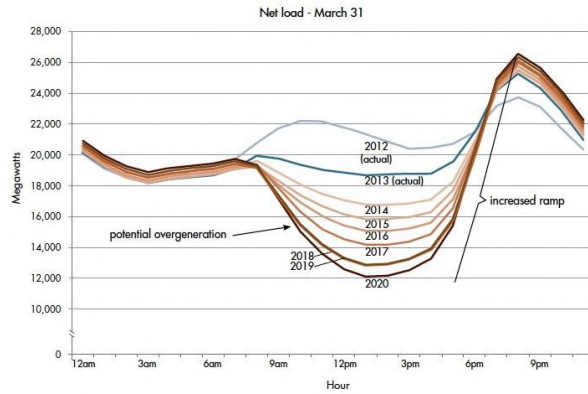


Figura 5.1: Representação gráfica da Duck Curve [46]

Embora estes aumentos sejam algo benéfico em termos de produção de energias renováveis, estes podem originar outros problemas como momentos de instabilidade na rede, tal como referido anteriormente, e até mesmo instabilidade nos mercados financeiros de energia elétrica.

A exposição solar é incontrolável pelo ser humano, no entanto, atualmente é possível estimar com bastante precisão a produção de determinada instalação tendo em conta a sua dimensão, localização e orientação solar. De uma forma global, o pico de produção de um sistema fotovoltaico ocorre por volta das 12h00, nesse preciso momento a carga na rede é por norma reduzida. Esta combinação de um excesso de produção associado a uma baixa carga na rede (uma oferta elevada com uma procura reduzida) leva a diminuição do custo da eletricidade. Este fenómeno tem se repetido diversas vezes em Portugal e mais precisamente a nível ibérico.

Como se pode ver nos seguintes exemplos, o preço horário da energia varia ao longo do dia. Este varia consoante o pedido (carga) de energia e a sua disponibilidade. Na figura 5.2 podemos ver que existiu um elevado pico de produção de energia, neste caso energia renovável apenas, o que colocou o preço da energia em valores extremamente baixos e até nulos em determinados momentos do dia, este fenómeno ocorreu entre dia 31 de outubro de 2023 e dia 06 de novembro de 2023. Na figura 5.3 podemos observar os valores de produção para cada fonte de energia renovável para o intervalo referido acima. De forma geral podemos ver que a produção renovável foi superior ao consumo nacional, e pela primeira vez, a produção de energias renováveis foi superior ao consumo total num intervalo de 6 dias consecutivos.

Preço do mercado diário

Zoom 1d 1s 1m 6m 1A

De 01/11/2023 a 06/11/2023

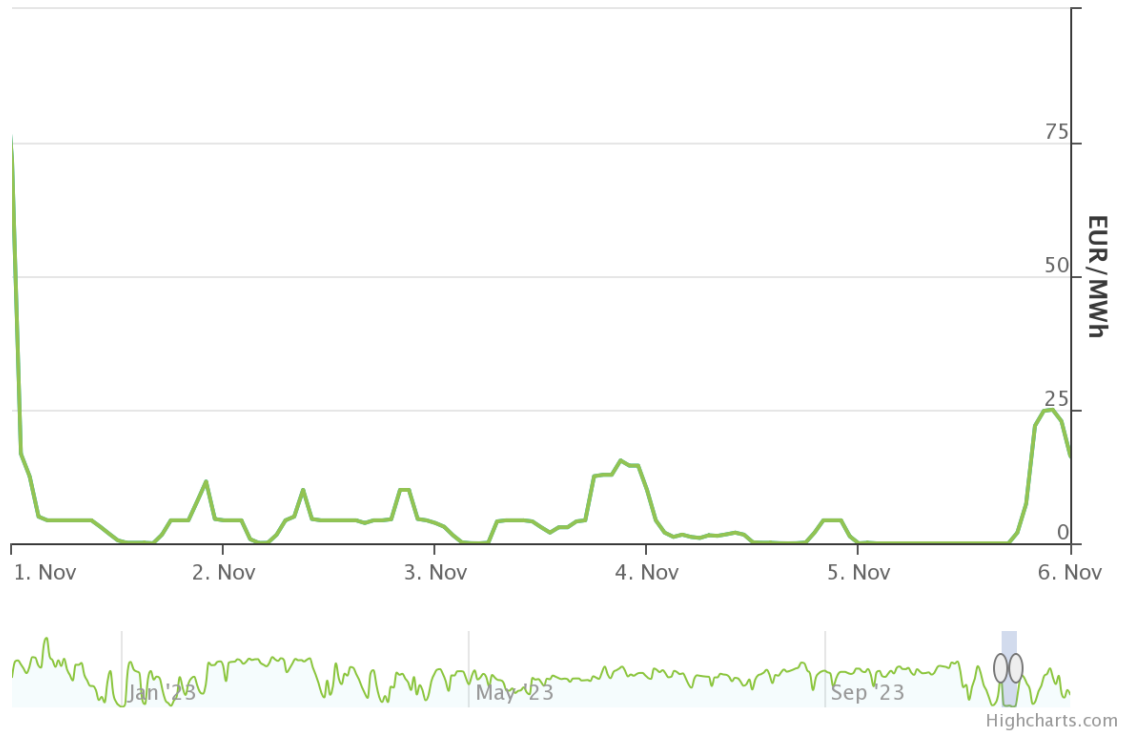


Figura 5.2: Preço energia elétrica no mercado ibérico [47]

	01 nov 23	02 nov 23	03 nov 23	04 nov 23	05 nov 23	06 nov 23
	Energia diária [GWh]	Energia diária [GWh]	Energia diária [GWh]	Energia diária [GWh]	Energia diária [GWh]	Energia diária [GWh]
PRODUÇÃO TOTAL	169	188	194	205	163	163
Produção Renovável	162	181	181	196	155	147
Hídrica ¹	61	63	72	81	63	95
Eólica	89	106	96	105	77	37
Solar	6	5	6	4	7	8
+ Biomassa ²	7	7	7	6	7	7
Produção não Renovável	3	4	4	3	3	9
+ Gás Natural	3	4	4	3	3	9
+ Outra Térmica ³	0	0	0	0	0	0
Produção por Bombagem	4	2	9	6	6	7
CONSUMO EM BOMBAGEM	12	11	2	3	15	2
SALDO IMPORTADOR	-31	-31	-44	-71	-28	-16
Importação (valor comercial)	3	2	4	3	7	8
Exportação (valor comercial)	34	34	48	75	35	24
CONSUMO	127	145	148	131	121	145

Figura 5.3: Valores de produção em Portugal entre dia 01 e 06 de Novembro 2023 [48]

Este fenómeno repetiu-se diversas vezes ao longo do ano 2023, como por exemplo no primeiro dia do ano de 2023, no qual a produção de energias renováveis atingiu os 142 GWh para um consumo de 112 GWh a nível nacional. Este fenómeno originou uma queda do valor da energia no mercado ibérico, tendo fixado o valor do MWh em valores nulos durante a maior parte do dia 01 de janeiro de 2023 [47].

5.3 Injeção de excedente na rede

Uma instalação fotovoltaica para auto consumo é, por norma, dimensionada tendo em conta o perfil de consumo do local de instalação de forma a minimizar os excedentes de produção. Com um correto dimensionamento da instalação, é possível maximizar o aproveitamento da energia produzida, evitando assim a injeção de excedentes na rede. Atualmente não existe nenhuma limitação quanto a injeção de excedentes na rede, sendo que este pode mesmo ser transacionado com fornecedores de energia.

5.3.1 Venda de excedentes

Embora o fim principal de uma UPAC não seja a injeção de energia na rede assim como a sua venda, com a nova lei sobre o autoconsumo (Decreto-Lei n.º 15/2022), passou a ser possível transacionar a energia excedente proveniente dos sistemas de autoconsumo.

Existem diversas empresas fornecedoras de energia que compram o excedente de produção, estas empresas celebram contratos com os clientes de forma a remunerar os mesmos pela energia injetada na rede, os valores pagos por cada kWh injetado na rede são substancialmente mais baixos que os valores de compra. O valor pago pode ser fixo, por norma cerca de 0,06€/kWh, ou ainda pelo valor indexado ao MIBEL (Mercado Ibérico de Energia), este valor é calculado pela seguinte formula: Preço compra = preço médio horário mercado Spot - 20% - CGS (em período solar).

O processo de venda de excedentes pode ser extremamente complexo para um produtor que não esteja familiarizado com os trâmites legais que este implica. Para proceder a venda de excedentes é necessário declarar-se como trabalhador independente junto da Autoridade tributária e Segurança Social. Com isso é necessário entregar trimestralmente os dados de faturação relativos a produção, sendo que, a falta de entrega dos documentos necessários pode originar coimas avultadas relativamente ao lucro que a venda de excedentes pode gerar. É por isso, juntamente como baixo valor pago por kWh, que a maior parte dos auto produtores não exercem a venda de excedentes para a rede. Espera-se que o governo Português altere os requisitos para efetuar a venda de excedentes, tornando o mais simples e menos burocrático, incentivando assim a venda de excedentes.

5.3.2 Net metering, funcionamento

Atualmente o Operador de Rede de Distribuição (ORD) oferece um sistema de compensação entre a energia injetada na rede e a energia consumida da rede. Este sistema é conhecido por NetMetering ou Saldo de Quarto horário. Este sistema calcula a diferença entre os dados de consumo e os dados de produção a cada quinze minutos, isto é, no determinado intervalo de 15 minutos tudo o que for produzido terá de ser consumido no mesmo período de tempo. Tudo o que não for consumido no mesmo período de tempo é injetado na rede. Este sistema é bastante vantajoso quando existe sistema de produção fotovoltaico pois em determinados momentos do dia a produção não será suficiente para cobrir o consumo da habitação. Com este sistema os picos de consumo tem um impacto menos importante na energia total consumida[49].

6 CASOS DE ESTUDO

Ao longo deste estágio foram realizados diversos projetos para sistemas de autoconsumo, nomeadamente os sistemas residências. Neste ponto iremos abordar uma instalação de uma UPAC numa residência e uma instalação de uma UPAC na empresa ROTOM realizada pela Original Sunenergy, Lda

6.1 Instalação de uma UPAC residencial

6.1.1 Caracterização do local

A instalação residencial apresentada situa-se no interior do país, no distrito de Castelo Branco. Trata-se de uma residência familiar habitualmente habitada por 2 a 3 pessoas.

6.1.2 Padrão de consumo

O padrão de consumo de uma habitação é influenciado por diversos fatores, tais como o tipo de habitação, a quantidade de pessoas que nela residem e os equipamentos presentes na mesma. Todos estes pontos tem de ser tidos em conta no momento do dimensionamento da instalação fotovoltaica. Existem diversas formas de definir o padrão de consumo de uma habitação. Por exemplo, recorrendo aos diagramas de carga fornecidos diretamente pelo Operador de Rede de Distribuição, neste caso a E-REDES. Quando não é possível obter estes diagramas recorre-se ao histórico de consumo do cliente consultando o máximo número de faturas do cliente.

6.1.3 Análise dos consumos

No caso deste cliente em específico, o projeto foi ainda mais complexo pois tratava-se de uma construção nova, não havendo nenhum historio de consumo, foi necessário tentar entender com o cliente quais os equipamentos que o mesmo iria instalar na casa de forma a ter uma instalação devidamente dimensionada. Após discussão com o cliente, decidiu-se instalar-se um total de 8 módulos fotovoltaicos de 375 Wp cada um, o que perfaz uma potência instalada de 3,0 kWp. Atualmente, a instalação em questão encontra-se ligeiramente sobre dimensionada, pois o cliente tenciona instalar uma bomba de calor à posterior, o que irá aumentar os consumos mensais e por sua vez a taxa de autoconsumo.

6.1.4 Valores de consumo

Atualmente o cliente tem um consumo mensal de 150 a 200 kWh, sendo que este consumo é na sua maior parte fora de horas de sol, pois existe sempre algum consumo residual devido a diversos equipamentos, tais como frigoríficos por exemplo.

Na figura 6.1 podemos observar as percentagens de produção versus a energia consumida (auto consumo) . Como se pode ver do lado esquerdo do gráfico, para o mês de agosto de 2023, o total de energia produzida pelo sistema, cerca de 50,18% desta energia foi diretamente consumida pelo cliente. Os restantes 49,82% foram injetados na rede. Tal como referido no capítulo 5.3.1, a energia injetada na rede pode ser remunerada, o cliente pode ainda beneficiar do Netmetering que consiste em efetuar ajustes entre os valores de energia injetada na rede e a energia consumida a cada 15 minutos.

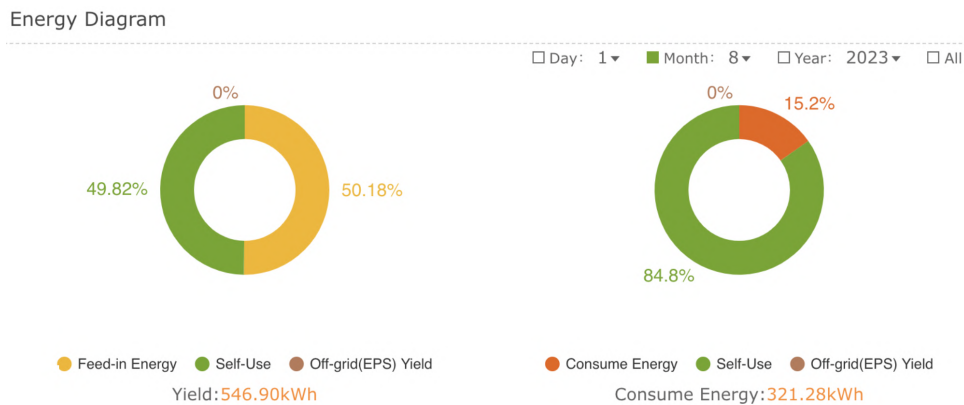


Figura 6.1: Diagramas de Energia mensais

No lado direito do gráfico podemos observar que durante o mês de agosto, nas horas de sol, 84,8% da energia produzida foi suficiente para os consumos da casa e que apenas foram necessários importar 15,2% de energia da rede.

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Na figura 6.2 , no gráfico superior, podemos observar a energia autoconsumida (*Self Use*) assim como a energia importada da rede (*Consume Energy*) ao longo do mês de agosto de 2023. Globalmente, para o mês de agosto, uma grande parte da energia produzida foi suficiente para o consumo da casa. Embora o cliente tenha necessitado de importar energia da rede, o sistema de netmeetring terá feito o acerto do consumo versus produção o que se irá refletir de forma positiva na fatura do final do mês.

No gráfico inferior pode-se ver a totalidade da produção do sistema fotovoltaico ao longo do mês de agosto. Pode-se ainda ver a quantidade de energia autoconsumida (*SelfUse*) assim como a quantidade de energia injetada na rede elétrica (*Feed-in Energy*).

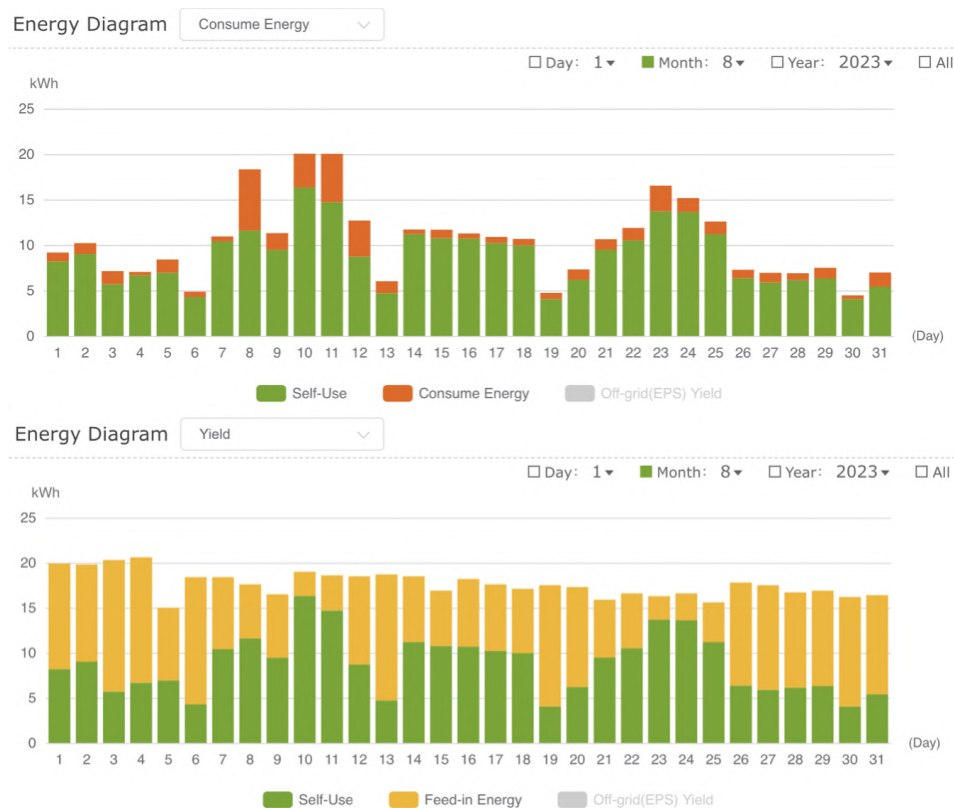


Figura 6.2: Diagramas de Energia diários

Com estes gráficos podemos ver que o cliente possui uma instalação sobredimensionada. Tal como foi referido anteriormente, o cliente tenciona instalar uma bomba de calor, o que irá reduzir a quantidade de energia injetada na rede. Tem também a possibilidade de instalar baterias se assim o desejar, dado que existe excedente de produção suficiente para recarregar as baterias ao longo do dia ou ainda de celebrar um contrato de venda de excedentes com uma comercializadora de energia.

6.2 Instalação de uma UPAC na Empresa Rotom

6.2.1 Caracterização do local

A Rotom é uma empresa multinacional com sede na Holanda e que possui diversas sucursais espalhadas na Europa, uma das quais se encontra em Portugal, mais precisamente na Nazaré. Na figura 6.3, pode-se observar a entrada principal das instalações da empresa. A empresa é especialista no fornecimento de material de logística, tais como paletes, contentores e caixas. A empresa fornece ainda diversos serviços tais que aluguer de veículos de transporte de mercadorias, pooling, recolha e gestão de embalagens retornáveis.



Figura 6.3: Entrada principal da Rotom Portugal

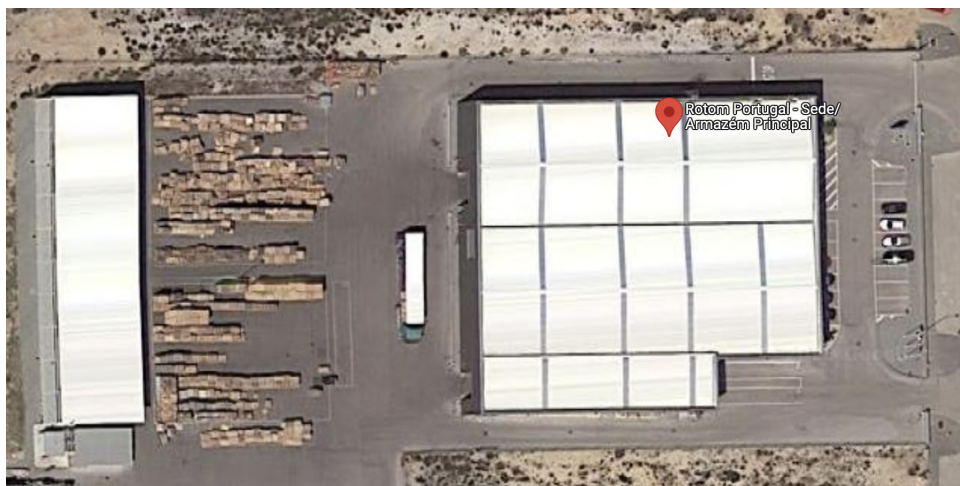


Figura 6.4: Vista aérea dos armazéns

De forma a poder fazer uma proposta que fosse o mais adequada possível ao cliente, é feita uma primeira visita técnica pela equipa comercial. Antes de efetuar a deslocação verifica-se através das imagens aéreas quais as possíveis áreas disponíveis para a instalação dos módulos fotovoltaicos, tal como se pode ver na figura 6.4. Esta visita tem como objetivo planear a futura instalação fotovoltaica.

Durante a visita identificam-se diversos elementos essenciais, tais como o local de instalação dos módulos fotovoltaicos tendo em conta os possíveis elementos de sombreamento, a distância entre os painéis e o inversor, a distância do inversor ao ponto de injeção, o tipo de cobertura e estrutura da mesma e por fim as possíveis passagens de cabos.

6.2.2 Análise dos consumos

O correto dimensionamento de uma instalação fotovoltaica é feito através da análise dos consumos elétricos do cliente. Para isso são pedidos ao cliente diversos elementos como por exemplo faturas, diagramas de carga, ciclo horário e potência contratada.

Neste caso, a empresa forneceu diversas faturas referentes ao ano de 2022. Os valores de consumo são apresentados na tabela 6.1 .

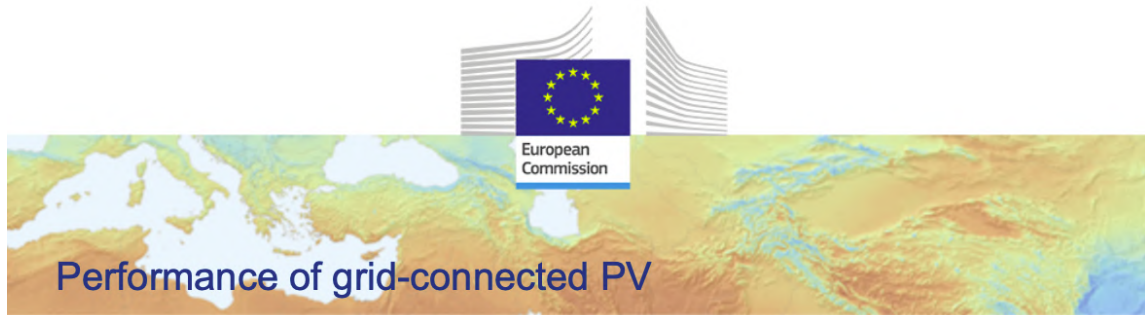
Tabela 6.1: Dados de consumo fornecidos pelo cliente

Mês	Consumo (kWh)
Janeiro 2022	7645
Fevereiro 2022	8626
Abril 2022	7680
Agosto 2022	5936
Dezembro 2022	8262

A empresa Rotom possui uma instalação trifásica com potência contratada de 51 kW e uma tarifário de ciclo tetra-horário. O fornecimento é assegurado pela EDP.

Dado que as informações relativas ao consumo não representam um ano inteiro, foi necessário extrapolar os dados de consumo de forma a obter um consumo anual, obtendo assim um consumo de 85266 kWh no ano 2022

Sendo que a potência contratada é de 51 kW, a potência máxima da instalação fotovoltaica será de 51 kW. Neste caso, e tendo em conta os dados fornecidos, optou-se pela instalação de uma potência de 43,65 kWp com um inversor de 40 kW nominais. A produção desta instalação será de aproximadamente 65000 kWh por ano, estes valores são obtidos numa primeira fase através da ferramenta *PVGIS*. Na figura 6.5 pode-se observar o relatório gerado pela ferramenta *PVGIS*.



PVGIS-5 estimates of solar electricity generation:

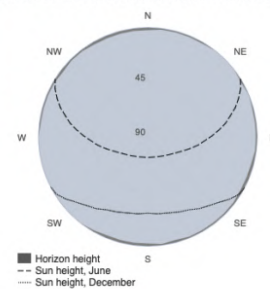
Provided inputs:

Latitude/Longitude: 39.590,-9.016
 Horizon: Calculated
 Database used: PVGIS-SARAH2
 PV technology: Crystalline silicon
 PV installed: 43.65 kWp
 System loss: 13 %

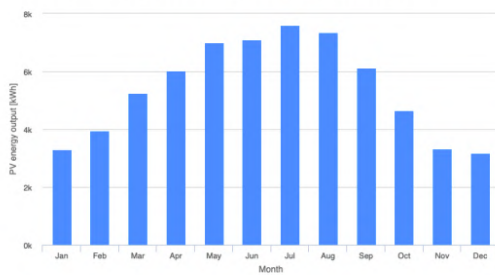
Simulation outputs

Slope angle: 15 °
 Azimuth angle: 0 °
 Yearly PV energy production: 64822.85 kWh
 Yearly in-plane irradiation: 1834.65 kWh/m²
 Year-to-year variability: 2266.37 kWh
 Changes in output due to:
 Angle of incidence: -2.99 %
 Spectral effects: 0.84 %
 Temperature and low irradiance: -4.89 %
 Total loss: -19.05 %

Outline of horizon at chosen location:



Monthly energy output from fix-angle PV system:



Monthly in-plane irradiation for fixed-angle:

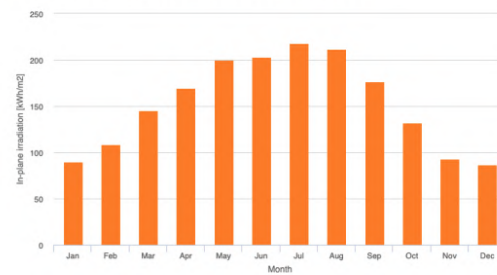


Figura 6.5: Relatório gerado pela ferramenta PVGIS

Graças a esta ferramenta é possível ter uma primeira avaliação sobre os valores de produção esperados para uma instalação fotovoltaica no local em questão. No anexo F encontra-se o relatório da simulação efetuada através do software *PVSOL*, nessa página é possível observar o valor de produção anual. Neste caso o valor é ligeiramente superior ao valor dado pelo *PVGIS*. Esta diferença deve-se ao facto das bases de dados meteorológicas não serem idênticas, entre outros outros parâmetros que influenciam os cálculos de estimação de produção.

6.2.3 Seleção dos módulos fotovoltaicos

Uma vez que se decidiu a potência a instalar, é necessário escolher o módulo fotovoltaico. Esta escolha tem de ter em conta o espaço disponível para a instalação do mesmo.

Neste caso, existia bastante espaço disponível para a instalação pelo o que não foi

necessário procurar qual o módulo com maior potência por m^2 . A escolha recaiu sobre o módulo *Risen RSM144-7-450M* pela grande disponibilidade e elevada qualidade do mesmo. A potência nominal deste módulo é de 450 Wp, este é constituído por 144 células de tipo monocristalino. O fabricante dá uma garantia sobre o material de 12 anos assim como uma garantia de produção de 85% ao fim de 25 anos. A ficha técnica deste módulo encontra-se no anexo A.

Na figura 6.6 pode se ver a modelização 3D feita no software *PVSOL*, a área disponível era suficiente para a instalação. A cobertura dos armazéns da empresa Rotom é constituída por uma cobertura inclinada de chapa do tipo *sandwich*. Foram considerados 97 módulos que perfazem uma potência de pico de 43,650 kWp, estes serão aplicados na cobertura através de uma estrutura da marca K2 modelo *SpeedRail*.



Figura 6.6: Vista aérea da modelização 3D feita no *PVSOL*

6.2.4 Seleção do inversor fotovoltaico

O inversor selecionado foi um inversor da marca *Huawei* modelo *Sun2000 40KTL-M3*, a potência nominal deste inversor é de 40 kW. Este inversor encontra-se ligeiramente sub dimensionado para a instalação em questão, o que permite um melhor aproveitamento do sistema. O acesso ao sistema de monitorização é feito através de um *dognle* fornecido com o próprio inversor, efetuando a ligação do mesmo à internet e permitindo assim a consulta e configuração do inversor e seus componentes.

O *datasheet* deste inversor encontra-se no anexo B, no qual se podem consultar todas as características técnicas do mesmo.

6.2.5 Repartição dos módulos por *Strings*

Uma instalação fotovoltaica é composta por diversas strings. Os módulos são associados em série de forma a obter tensões mais elevadas. Os *MPPT* possuem valores

mínimos de tensão assim como valores de tensão e corrente máximos, é extremamente importante que não se excedam esses valores assim como se cumpra o valor mínimo de tensão de forma a que o MPPT consiga arrancar.

O valor de tensão apresentado na ficha técnica do módulo escolhido é obtido em condições de referência, as chamadas condições STC, no qual a temperatura é de 25°C. Considerando que um módulo fotovoltaico é exposto a elevadas quantidades de radiação solar, principalmente no verão no qual a temperatura ambiente é mais elevada, este pode encontrar-se a temperaturas de 70°C.

Assim sendo, torna-se necessário efetuar um cálculo de forma a obter o novo valor de tensão mínima tendo em conta esta diferença de temperatura, para isso recorre-se a fórmula 6.1.

$$V_{mp}(70^{\circ}\text{C}) = 1 + \frac{(70^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}) * \Delta U(\%)}{100} * V_{mp}(STC) 25^{\circ}\text{C} \quad (6.1)$$

Substituindo os valores na expressão consultando a ficha técnica do módulo, obtém-se o valor seguinte:

$$V_{mp}(70^{\circ}\text{C}) = 1 + \frac{(70-25) * (-0,29)}{100} * 41,30 = 35,91\text{V} \quad (6.2)$$

Na ficha técnica do inversor escolhido, pode-se ver que o valor mínimo de tensão para o funcionamento do MPPT é de 200 V, para isso procede-se ao cálculo da quantidade mínima de módulos por MPPT recorrendo a expressão 6.3.

$$V_{mp}(\text{Mod. Mini.}) = \frac{V_{Min}(MPPT)}{V_{mp}(70^{\circ}\text{C})} = \frac{200}{35,91} = 6 \quad (6.3)$$

Deduz-se assim que a quantidade mínima de módulos por MPPT é de 6 módulos.

Da mesma forma que se tem de calcular o valor mínimo de módulos por MPPT, é necessário calcular o valor máximo de módulos por MPPT. Como referido anteriormente, o valor de tensão apresentado refere-se as condições STC. O valor máximo de tensão é atingido a uma temperatura de -10°C, para isso utiliza-se o valor de tensão em aberto Voc e utilizando a expressão 6.4

$$V_{oc}(-10^{\circ}\text{C}) = 1 - \frac{(-10^{\circ}\text{C}-25^{\circ}\text{C}) * \Delta U(\%)}{100} * V_{oc}(STC) 25^{\circ}\text{C} \quad (6.4)$$

Adaptando a expressão anterior com os valores que constam na ficha técnica do módulo obtemos então o numero máximo de módulos por string.

$$V_{oc}(-10^{\circ}\text{C}) = 1 - \frac{35 * (-0,29)}{100} * 49,7 = 54,74\text{V} \quad (6.5)$$

Tendo o valor de tensão máximo podemos calcular a quantidade máxima de módulos por MPPT recorrendo a expressão 6.6 .

$$V_{mp} (Mod. Mini.) = \frac{V_{Max}(MPPT)}{V_{oc} (-10^{\circ}C)} = \frac{1100}{54,74} = 20 \quad (6.6)$$

Existe também a possibilidade de colocar diversas strings em paralelo, pelo que é necessário verificar quantas strings se podem colocar em paralelo, para isso pode-se recorrer a expressão 6.7.

$$String P. Max. = \frac{I_{max}(MPPT)}{I_{mp}} = \frac{26}{10,9} = 2 \quad (6.7)$$

Pela expressão 6.7 conclui-se que o máximo de strings possível por MPPT é de 2 strings. Tendo em conta que o inversor escolhido possui 4 MPPT's, pode se efetuar a seguinte distribuição de módulos pelos diferentes MPPT's como apresentado na tabela 6.2.

Tabela 6.2: Repartição dos módulos pelos diferentes MPPT's

MPPT 1	2 Strings de 14 módulos
MPPT 2	2 Strings de 14 módulos
MPPT 3	2 Strings de 14 módulos
MPPT 4	1 Strings de 13 módulos

6.2.6 Relatório PVSOL

Como referido anteriormente é feita uma simulação recorrendo ao software *PV-SOL*, esta simulação permite obter diversos valores tais que:

- Potência total instalada
- Área ocupada
- Quantidade de módulos fotovoltaicos instalada
- Quantidade de inversores
- Energia produzida
- Energia autoconsumida
- Energia injetada na rede
- Taxa de autoconsumo
- Rendimento

Esta lista representa apenas uma pequena parte dos elementos disponíveis neste

relatório. Na figura 6.7 pode se observar os valores relativos ao rendimento da instalação.

Previsão de rendimento

Previsão de rendimento	
Potência do gerador fotovoltaico	43,65 kWp
Rendimento anual específico	1 518,12 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	86,25 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,3 %
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	
Autoconsumo	66 290 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	41 829 kWh/Ano
Injeção na rede	0 kWh/Ano
	24 461 kWh/Ano
Autoconsumo	63,1 %
Emissões de CO ₂ evitadas	12 193 kg/ano
Nível de autonomia	49,0 %

Figura 6.7: Previsão de rendimento proveniente do PVSOL

É possível observar que a instalação proposta terá uma produção anual de 66290 kWh com um rendimento de 86,25%, a taxa de autoconsumo é de 63,1% , isto significa que 63,1% da energia produzida será diretamente consumida na instalação do cliente. Os restantes 39,6% serão injetados na rede, esta situação ocorre quando a produção é superior ao consumo.

Neste caso existe algum excedente, o que permite ao cliente instalar baterias de forma a acumular esse excedente e assim reaproveita-lo nas horas no qual não existe produção.

A autonomia desta instalação é de 49,0%, isto significa que o cliente terá de importar de rede 51% da energia elétrica. Esta situação ocorre quando uma parte do consumo é efetuado fora das horas de produção, logo, nesses momentos não é possível aproveitar a produção solar e é necessário recorrer a rede publica.

A nível de sombreamento, como não existem elementos que possam causar sombras tais como chaminés, estruturas ou ainda outros edifícios e árvores, este é praticamente nulo

O relatório da simulação obtido através do software *PVSOL* encontra-se no anexo F. Este relatório contém ainda diversas informações relativas a instalação tais como:

- Na figura F.2 do anexo F é apresentada uma vista geral do projeto. Nesta vista é possível observar a modelização 3D feita no *PVSOL* com os módulos fotovoltaicos escolhidos. É descrito também qual a base de dados climáticos que foi utilizada para os diferentes cálculos realizados. Por fim é apresentada a potência total instalada, assim como a quantidade de módulos fotovoltaicos e de inversores.
- Na figura F.3 é apresentado um esquema unifilar simplificado do sistema instalado assim como as informações relativas a previsão de rendimento. Estes dados

estão apresentados na figura 6.7.

- Na figura F.4 é feito um resumo das diferentes áreas de módulos fotovoltaicos, no caso em análise apenas é apresentado uma área dado que os módulos fotovoltaicos estão todos montados agregados no mesmo. Neste resumo é possível ver a quantidade e modelo dos módulos, inclinação e orientação solar dos módulos e ainda o tipo de montagem utilizado.
- Na figura F.5 é apresentado um gráfico representativo da linha de horizonte do local de instalação. Esta linha representa os diferentes elementos que possam afetar a incidência do sol nos módulos. Na mesma figura é ainda possível observar a configuração do inversor e da rede elétrica assim como a marca e modelo do inversor. A informação relativa a configuração do inversor também pode ser consultada na tabela 6.2.
- Na figura F.6 é são apresentados os dados relativos a produção e consumo do sistema. Nesta página do relatório pode-se observar a representação gráfica dos dados apresentados na figura 6.7, assim como outros dados, como por exemplo os valores de consumo da instalação. Na figura F.7 do mesmo anexo é apresentado um gráfico do fluxo de energia, este representa as quantidades de energia produzidas, consumidas, importadas e exportadas para a rede elétrica.
- Na figura F.8, no gráfico superior é apresentada a energia produzida através do gerador fotovoltaico (amarelo), a energia autoconsumida (cinzento) assim como a energia injetada na rede elétrica (azul). No gráfico inferior, é apresentado o consumo total da instalação (cinzento) assim como a parte do consumo coberta pelo sistema fotovoltaico (amarelo) e pela rede elétrica (azul)
- Na figura F.9 é apresentado um gráfico no qual se pode ver a evolução dos custos da energia para o consumo da empresa. Em amarelo pode-se observar os custos da energia após a instalação dos sistema fotovoltaico, em azul é representado o custo da energia antes da instalação do sistema fotovoltaico.
- Por fim, na figura F.10 é apresentado o esquema de ligação dos módulos fotovoltaicos. Neste plano são representados todos os módulos assim como as diferentes strings que irão ligar ao inversor. Cada cor é referente a uma string diferente.

7 CONCLUSÕES

Após nove meses de estágio na empresa *SunEnergy*, foram desenvolvidas diversas tarefas que permitiram adquirir conhecimento sobre sistemas fotovoltaicos. Ao longo deste estágio tive a possibilidade de aplicar uma grande parte dos conceitos lecionados ao longo da licenciatura assim como do mestrado. O estágio não só me permitiu adquirir conhecimentos novos como ainda consolidar os diversos elementos lecionados ao longo dos últimos anos.

Atualmente, e mais que nunca, a transição energética é um tema de extrema importância. Ao longo deste relatório foram apresentados os diferentes valores relativos a potência fotovoltaica instalada. É possível observar-se que esta tem sido a fonte de energia renovável que mais cresce em termos percentuais. Tive a oportunidade de trabalhar numa empresa empenhada e que se preocupa com a transição energética, o que foi uma mais valia tanto a nível pessoal como a nível profissional.

Ao longo deste estágio tive a possibilidade de acompanhar diversas instalações assim como ajudar clientes na sua procura por sistemas fotovoltaicos. Foi ainda possível constatar que a procura por este tipo de sistemas aumenta dia após dia.

A equipa no qual estive integrado, assim como os restantes elementos da empresa foram um elemento chave para o sucesso deste estágio. O espírito de camaradagem e de entre ajuda permitiu ultrapassar todos os desafios que foram aparecendo ao longo deste percurso.

Os casos de estudo apresentados neste relatório são apenas uma amostra do trabalho efetuado, existiram imensos desafios ao longo do estágio, desafios esses que me permitiram aperfeiçoar a minha forma de trabalhar.

Durante o estágio tive a oportunidade de adquirir conhecimentos não só a nível de instalações de sistemas fotovoltaicos, mas também a nível de diversos softwares e ferramentas necessárias a elaboração de um projeto para uma instalação fotovoltaica. Os conhecimentos adquiridos nos softwares *PVSOL*, *zwcad*, *PVGIS*, *Solax Design*, *SMA Sunny Design*, *Fronius Solar.web* e *SolarEDGE Design tool* foram de extrema importância, extremamente úteis ao longo do estágio e serão sem dúvida uma mais valia para o meu percurso profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “Peak people: The interrelationship between population growth and energy resources - resilience,” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.resilience.org/stories/2009-04-20/peak-people-interrelationship-between-population-growth-and-energy-resources/>
- [2] G. Verbong, F. W. Geels, and R. Raven, “Multi-niche analysis of dynamics and policies in dutch renewable energy innovation journeys (1970-2006): Hype-cycles, closed networks and technology-focused learning,” *Technology Analysis and Strategic Management*, vol. 20, pp. 555–573, 2008. [Online]. Available: <https://rapidtransition.org/stories/from-oil-crisis-to-energy-revolution-how-nations-once-before-planned-to-kick-the-oil-habit/>
- [3] “The kyoto protocol,” 2005, Acedido agosto 2023. [Online]. Available: https://www.ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_05_49
- [4] A. Blakers, “Development of the perc solar cell,” *IEEE Journal of Photovoltaics*, vol. 9, pp. 629–635, 5 2019.
- [5] “The cost of solar pv - how much do solar panels cost?” Acedido agosto 2023. [Online]. Available: <https://solarsouthwest.co.uk/solar-panel-cost/>
- [6] “Solar - 10 predictions for 2022 | bloombergnef,” 2022, Acedido agosto 2023. [Online]. Available: <https://about.bnef.com/blog/solar-10-predictions-for-2022/>
- [7] P. A. Jorge, “Evolução do solar pv em portugal: Mitos e factos,” *Artigo de Opinião APREN*, 2020.
- [8] “Sunenergy cresce 50” Available: <https://www.sunenergy.pt/sunenergy-cresce-50-no-primeiro-semester-22/>
- [9] D.-D. G. de Energia e Geologia, “Estatísticas rápidas - nº 226 - setembro de 2023,” 2023, Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/scxdweiy/renovaveis-202309.pdf>
- [10] “Financing - record low pv prices endanger european manufacturing,” 2023, Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.pveurope.eu/solar-modules/financing-record-low-pv-prices-endanger-european-manufacturing>
- [11] “Portugal: Consumo de energia elétrica: total e por tipo de consumo | pordata,” Acedido dezembro 2023. [Online]. Available:

<https://www.pordata.pt/portugal/consumo+de+energia+eletrica+total+e+por+tipo+de+c...>
1124

- [12] “Portugal deixou de usar carvão na produção de eletricidade | euronews,” Acedido dezembro 2023. [Online]. Available: <https://pt.euronews.com/2021/11/24/portugal-deixou-de-usar-carvao-na-producao-de-eletricidade>
- [13] “Um país mais verde, mais cedo: o plano nacional de energia e clima 2030 está a ser revisto pela primeira vez (vídeo) - xxiii governo - república portuguesa,” Acedido dezembro 2023. [Online]. Available: <https://www.portugal.gov.pt/pt/gc23/comunicacao/noticia?i=-um-pais-mais-verde-mais-cedo-o-plano-nacional-de-energia-e-clima-2030-esta-a-ser-revisto-pela-primeira-vez>
- [14] “Solar resource maps and gis data for 200+ countries | solargis,” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/portugal>
- [15] “Maior parque solar da europa vai ser instalado no alentejo,” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/maior-parque-solar-europa-instalado-alentejo/>
- [16] “Ministério da economia, 2002-03-25. decreto-lei n.º 68/2002.” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/68-2002-300583>
- [17] “Ministério da economia e da inovação, 2007-11-02. decreto-lei n.º 363/2007.” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/363-2007-629412>
- [18] “Ministério da economia, da inovação e do desenvolvimento, 2011-03-08. decreto-lei n.º 34/2011.” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/34-2011-279427>
- [19] D.-D. G. de Energia e Geologia, “Estatísticas rápidas - nº 122 - dezembro de 2014,” 2014, Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/media/qj1onw3l/i012660.pdf>
- [20] “Ministério da economia e do emprego, 2011-03-08. decreto-lei n.º 25/2013.” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/25-2013-258540>
- [21] “Ministério do ambiente, ordenamento do território e energia, 2014-10-20. decreto-lei n.º 153/2014.” Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/153-2014-58406974>

- [22] D.-D. G. de Energia e Geologia, "Estatísticas rápidas - nº 218 - janeiro de 2023," 2023, Acedido outubro 2023. [Online]. Available: https://www.dgeg.gov.pt/media/lhrf22mn/dgeg-arr-2023-01_rev2.pdf
- [23] "Presidência do conselho de ministros, 2019-10-25. decreto-lei n.º 162/2019." Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/162-2019-125692189>
- [24] "Ambiente e ação climática, 2020-01-23.portaria n.º 16/2020, de 23 de janeiro." Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/16-2020-128415687>
- [25] "Enquadramento legal, direção geral da energia e geologia." Acedido dezembro 2023. [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/energia-eletrica/producao-de-energia-eletrica/producao-descentralizada-autoconsumo-e-upp-mp-mn/autoconsumo-e-cer/3-enquadramento-legal/>
- [26] "April 25, 1954: Bell labs demonstrates the first practical silicon solar cell," 2009, Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>
- [27] "How a solar cell works - american chemical society," Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.acs.org/education/resources/highschool/chemmatters/past-issues/archive-2013-2014/how-a-solar-cell-works.html>
- [28] "How photovoltaic cells generate electricity," Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.imagesco.com/articles/photovoltaic/photovoltaic-pg4.html>
- [29] "Atingida a maior eficiência numa célula solar com 29.2 Acedido setembro 2023. [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/atingida-maior-eficiencia-celula-solar-29-2/>
- [30] "Mais um recorde de eficiência solar de 33.2 Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.portal-energia.com/recorde-eficiencia-solar-33-2-celula-solar-tandem/>
- [31] C. Lane, "Types of solar panels: Which one is the best choice?" 2023, Acedido agosto 2023. [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>
- [32] "Thin-film solar panels | american solar energy society," 2021, Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://ases.org/thin-film-solar-panels/>
- [33] "What are half-cut solar cells?" Acedido setembro 2023. [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/blog/half-cut-solar-cell-technology-explained>

- [34] "What is a half-cell solar panel?" Acedido agosto 2023. [Online]. Available: <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/10/what-is-a-half-cell-solar-panel/>
- [35] "Perc solar cells - are they the best choice?" Acedido agosto 2023. [Online]. Available: <https://www.solarreviews.com/blog/are-perc-solar-cells-the-best-choice>
- [36] D. Kuchta, "Standard test conditions (stc) for solar panels - footprint hero," 11 2022, Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://footprinthero.com/standard-test-conditions>
- [37] "Fill factor | pveducation," Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/solar-cell-operation/fill-factor>
- [38] "How to calculate solar panel efficiency? pv cell efficiency equation," Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://thegreenwatt.com/how-to-calculate-solar-panel-efficiency-pv-cell-efficiency-equation/>
- [39] "Module circuit design | pveducation," Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvcdrom/modules-and-arrays/module-circuit-design>
- [40] "The structure of a photovoltaic module - ecoprogetti - specialist in photovoltaic production process," Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://ecoprogetti.com/the-structure-of-photovoltaic-module/>
- [41] "Solar fotovoltaico | up energy," Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://upenergy.pt/servicos/solar-fotovoltaico/>
- [42] A. Alkhalidi and N. Dulaimi, "Design of an off-grid solar pv system for a rural shelter," Ph.D. dissertation, 01 2018.
- [43] "Autoconsumo | como funciona? - sunenergy," Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.sunenergy.pt/particulares/autoconsumo/paineis-solares-para-autoconsumo/>
- [44] "Apsystems ds3 microinverter," Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://emea.apsystems.com/portfolio-item/apsystems-ds3/>
- [45] "Painéis solares | kits de autoconsumo | ligue a sua casa ao sol!" Acedido agosto 2023. [Online]. Available: <https://www.sunenergy.pt/particulares/autoconsumo/paineis-solares-fotovoltaicos-kits-de-autoconsumo/>
- [46] B. JONES-ALBERTUS, "Confronting the duck curve: How to address over-generation of solar energy | department of energy," 10 2017, Acedido outubro 2023. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/articles/confronting-duck-curve-how-address-over-generation-solar-energy>

- [47] “Omie,” Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.omie.es/pt/spot-hoy>
- [48] “Ren - data hub,” Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://datahub.ren.pt/pt/eletricidade/balanco-diario/>
- [49] “O que é o saldo quarto-horário e como é calculado? | e-redes,” Acedido novembro 2023. [Online]. Available: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/o-que-e-o-saldo-quarto-horario-e-como-e-calculado>

ANEXOS

Anexo A - Datasheet módulo Risen RSM144-7-430M

HIGH PERFORMANCE MONOCRYSTALLINE PERC MODULE

RSM144-7-430M-450M

144 CELL Mono PERC Module	430-450Wp Power Output Range
1500VDC Maximum System Voltage	20.4% Maximum Efficiency

KEY SALIENT FEATURES

- Bloomberg TIER 1** Global, Tier 1 bankable brand, with independently certified state-of-the-art automated manufacturing
- Thermometer icon** Industry leading lowest thermal co-efficient of power
- 12 years** Industry leading 12 years product warranty
- Sun icon** Excellent low irradiance performance
- PID** Excellent PID resistance
- +** Positive tight power tolerance
- 2 EL** Dual stage 100% EL Inspection warranting defect-free product
- Module icon** Module Imp binning radically reduces string mismatch losses
- Award icon** Warranted reliability and stringent quality assurances well beyond certified requirements
- Weather icon** Certified to withstand severe environmental conditions
 - ♦ Anti-reflective & anti-soiling surface minimise power loss from dirt and dust
 - ♦ Severe salt mist, ammonia & blown sand resistance, for seaside, farm and desert environments
 - ♦ Excellent mechanical load 2400Pa & snow load 5400Pa resistance



RISEN ENERGY CO., LTD.

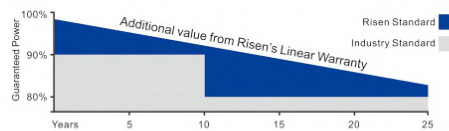
Risen Energy is a leading, global tier 1 manufacturer of high-performance solar photovoltaic products and provider of total business solutions for residential, commercial and utility-scale power generation. The company, founded in 1986, and publicly listed in 2010, compels value generation for its chosen global customers. Techno-commercial innovation, underpinned by consummate quality and support, encircle Risen Energy's total Solar PV business solutions which are among the most powerful and cost-effective in the industry. With local market presence and strong financial bankability status, we are committed, and able, to building strategic, mutually beneficial collaborations with our partners, as together we capitalise on the rising value of green energy.

Tashan Industry Zone, Meilin, Ninghai 315609, Ningbo | PRC
 Tel: +86-574-59953239 Fax: +86-574-59953599
 E-mail: marketing@risenenergy.com Website: www.risenenergy.com



Preliminary For Global Market

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY
 12 year Product Warranty / 25 year Linear Power Warranty

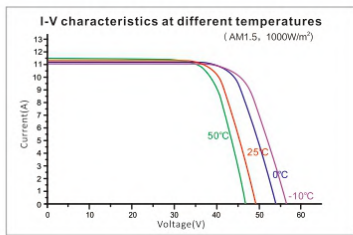
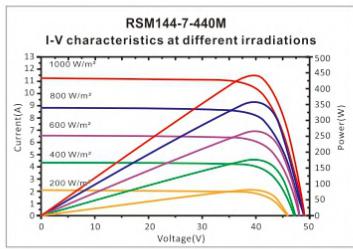
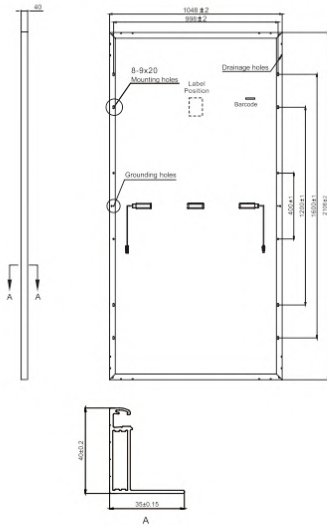


* Please check the valid version of Limited Product Warranty which is officially released by Risen Energy Co., Ltd

THE POWER OF RISING VALUE



Dimensions of PV Module Unit: mm



Our Partners:

REM144-M-9BB-EN-H1-3-2020

ELECTRICAL DATA (STC)

Model Number	RSM144-7-430M	RSM144-7-435M	RSM144-7-440M	RSM144-7-445M	RSM144-7-450M
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	430	435	440	445	450
Open Circuit Voltage-Voc(V)	49.30	49.40	49.50	49.60	49.70
Short Circuit Current-Isc(A)	11.10	11.20	11.30	11.40	11.50
Maximum Power Voltage-Vmpp(V)	40.97	41.05	41.13	41.25	41.30
Maximum Power Current-Imp(A)	10.50	10.60	10.70	10.80	10.90
Module Efficiency (%) *	19.5	19.7	19.9	20.1	20.4

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.
 * Module Efficiency (%): Round-off to the nearest number

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Model Number	RSM144-7-430M	RSM144-7-435M	RSM144-7-440M	RSM144-7-445M	RSM144-7-450M
Maximum Power-Pmax (Wp)	321.5	325.2	329.6	333.9	338.2
Open Circuit Voltage-Voc (V)	45.36	45.45	46.18	46.39	46.43
Short Circuit Current-Isc (A)	9.10	9.18	9.27	9.35	9.43
Maximum Power Voltage-Vmpp (V)	37.53	37.60	37.80	37.90	38.00
Maximum Power Current-Imp (A)	8.57	8.65	8.72	8.81	8.90

NMOT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Solar cells	Monocrystalline 166×83mm
Cell configuration	144 cells (6×12+6×12)
Module dimensions	2108×1048×40mm
Weight	25kg
Superstrate	High Transmission, Low Iron, Tempered ARC Glass
Substrate	White Back-sheet
Frame	Anodized Aluminium Alloy type 6063T5, Silver Color
J-Box	Potted, IP68, 1500VDC, 3 Schottky bypass diodes
Cables	4.0mm ² (12AWG), Positive(+) 270mm, Negative(-) 270mm
Connector	Risen Twinsel PV-SY02, IP68

TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	44°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.29%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.37%/°C
Operational Temperature	-40°C~+85°C
Maximum System Voltage	1500VDC
Max Series Fuse Rating	20A
Limiting Reverse Current	20A

PACKAGING CONFIGURATION

	40ft(HQ)	20ft
Number of modules per container	594	135
Number of modules per pallet	27	27
Number of pallets per container	22	5
Packaging box dimensions (LxWxH) in mm	2140×1130×1180	2140×1130×1180
Box gross weight[kg]	730	730

CAUTION: READ SAFETY AND INSTALLATION INSTRUCTIONS BEFORE USING THE PRODUCT.
 ©2020 Risen Energy. All rights reserved. Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.
 THE POWER OF RISING VALUE

Anexo B - Datasheet Inversor Huawei SUN2000-40KTL-M3

SUN2000-30/36/40KTL-M3
Smart PV Controller



Smart

8 strings intelligent monitoring



Efficient

Max. efficiency 98.7%



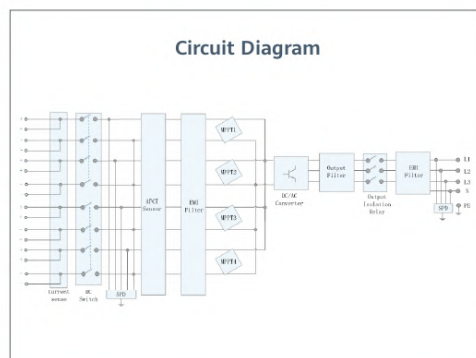
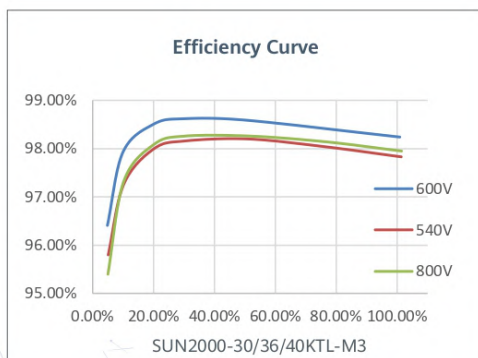
Safe

Fuse free design



Reliable

Type II surge arresters for DC & AC



SUN2000-30/36/40KTL-M3
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-30KTL-M3	SUN2000-36KTL-M3	SUN2000-40KTL-M3
Efficiency			
Max. Efficiency			98.7%
European Efficiency			98.4%
Input			
Max. Input Voltage ¹			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 ²			200 V ~ 1000 V
Rated Input Voltage			600 V
Number of Inputs			8
Number of MPP Trackers			4
Output			
Rated AC Active Power	30,000 W		40,000 W
Max. AC Apparent Power	33,000 VA ³		44,000 VA
Rated Output Voltage		230 Vac / 400 Vac / 480 Vac, 3W/N+PE	
Rated AC Grid Frequency			50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	43.3 A		57.8 A
Max. Output Current	47.9 A		63.8 A
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			Yes
AC Surge Arrester			Yes
DC Insulation Resistance Detection			Yes
Residual Current Monitoring Unit			Yes
Arc Fault Protection			Yes
Ripple Receiver Control			Yes
Integrated PID Recovery ⁴			Yes
Communication			
Display			LED Indicators, Integrated WLAN + FusionSolar APP
RS485			Yes
Smart Dongle			WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)			Yes (Isolation Transformer required)
General Data			
Dimensions (W x H x D)			640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)			43 kg (94.8 lb)
Operating Temperature Range			-25 ~ + 60 °C (-13 °F ~ 140 °F)
Cooling Method			Natural Convection
Max. Operating Altitude			4,000 m (13,123 ft.) (Derating above 2000 m)
Relative Humidity			0% RH ~ 100% RH
DC Connector			Staubli MC4
AC Connector			Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree			IP 66
Topology			Transformerless
Nighttime Power Consumption			≤ 5.5W
Optimizer Compatibility			
DC MBUS Compatible Optimizer			SUN2000-450W-P
Standard Compliance (more available upon request)			
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683		
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, 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, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, AS/NZS 4777.2, DEWA		

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.

3. For Austria, German, Belgium & Ukraine the Max. AC Apparent Power will not exceed 30,000 VA (with regard to grid code: VDE-AR-N-4105, C10/11 & Austria)

4. SUN2000-30-40KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly), N-type (nPERT, HIT)

Anexo C - Datasheet Contador iTron ACE SL7000



ACE SL7000

Industrial & Substation Electricity Meter Range

iTron's ACE SL700 meter range offers a solution for all industrial and substation applications. Equipped with flexible communication technology combined with elements of traditional C&I metering, the ACE SL7000 meter range offers the versatility and flexibility required to meet today's rapidly changing markets.

Flexible

Designed for direct or transformer connection, ACE SL7000 meters offer a scalable architecture that allows them to be installed on existing and new electricity distribution networks.

Versatile

The ACE SL7000 meter range can be installed in multiple markets and for several applications. Its auto-ranging power supply and extremely wide measuring range ensures that a single meter type can be used across a variety of applications – from large commercial installations to substation metering.

» Commercial and Industrial Applications: Summation features and multi-energy inputs reduce the need for additional data concentrators. Separate communication lines for the utility and customer provide a closer link and added value to the electricity provider.

» Substation Applications: High accuracy and linearity ensure quality billing data. Instantaneous values for a variety of quantities serve as a base for network monitoring. In addition, simultaneous communication channels ensure that several departments can benefit from the data received from the installed meter base.

KEY FEATURES

- » Proven experience in multiple markets
- » Accuracy and linearity
- » Multi-energy inputs
- » Simultaneous communication channels

Smart

Compliant with IEC standards, include innovative capabilities.

They allow multiple recording of load profiles along with local and remote communication on several lines.

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

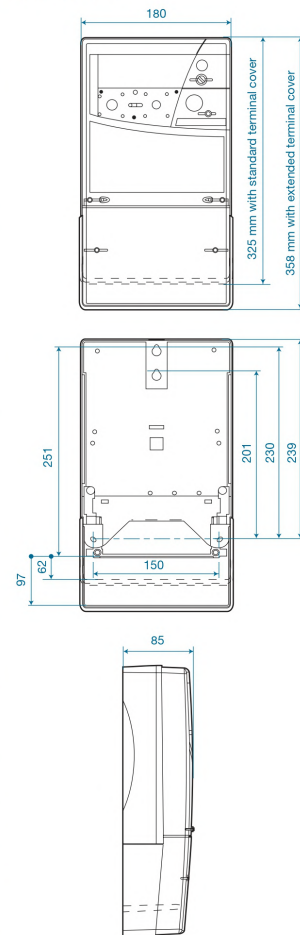
Technical Specifications

Ratings	Voltage: 3*57.7/100V up to 3*277/480V auto ranging Direct Current: In 5A, I _{max} 120A CT Connection: Ib 1A, I _{max} 10A
Network Types	Direct Connection: 4-wire meter remains operational in 3-wire connection without neutral CT, VT connection: 3- and 4-wire configurable configurations
Accuracy	Direct Connected: Class 1 or Class B Transformer Connected: Class 0.2S, Class 0.5S or Class C Reactive energy: Class 1 or Class 2
Frequency	50 / 60 Hz
Standards	Full compliance with IEC 62052, IEC 62053, MID standard EN50470-1 and EN50470-3 and CE marking standards (mechanical, climatic, electrical, electromechanical, metrological)
Communications	IR-port (IEC 61107), optional RS232C and/or RS485 DLMS-Cosem Protocol (IEC 62056) Integrated in most market leading software packages

Accessories

Communications	External modems Itron Sparklet modem, powered by the meter, is easily attachable under terminal cover Cabling for external communications devices IR-reading device for connection to PC
Configuration/ Calibration	Customer software for consumption monitoring Itron ACE Pilot Utility Software for configuration and reading
Installation tools	Transformer ratio labels Sealing kit
Documentation	Test certificate User guide Installation Manual

Dimensions



Anexo D - Datasheet módulo Longi Hi-Mo LR4-60HPH 375M

Hi-MO **4_m**

LR4-60HPH
365~385M

- Suitable for distributed projects
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M6 Gallium-doped Wafer
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Excellent outdoor power generation performance
- High module quality ensures long-term reliability

12 12-year Warranty for Materials and Processing

25 25-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO9001:2015: ISO Quality Management System

ISO14001: 2015: ISO Environment Management System

ISO45001: 2018: Occupational Health and Safety

IEC62941: Guideline for module design qualification and type approval

LONGI

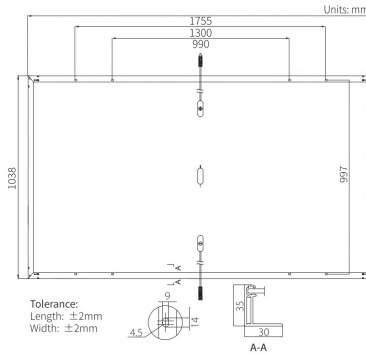
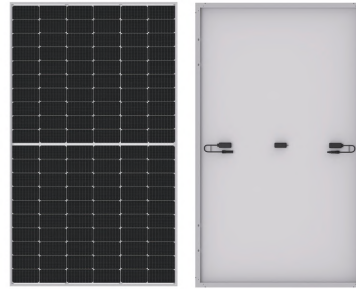
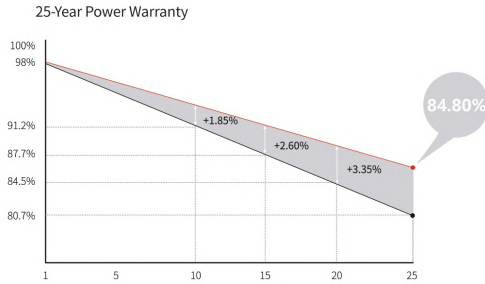


Hi-MO 4_m

LR4-60HPH 365~385M

21.1% MAX MODULE EFFICIENCY	0~3% POWER TOLERANCE	<2% FIRST YEAR POWER DEGRADATION	0.55% YEAR 2-25 POWER DEGRADATION	HALF-CELL Lower operating temperature
--	-----------------------------------	--	--	---

Additional Value



Mechanical Parameters

Cell Orientation	120 (6×20)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1200mm length can be customized
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

Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR4-60HPH-365M		LR4-60HPH-370M		LR4-60HPH-375M		LR4-60HPH-380M		LR4-60HPH-385M	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax/W)	365	274.2	370	277.9	375	281.7	380	285.5	385	289.2
Open Circuit Voltage (Voc/V)	40.7	38.3	40.9	38.5	41.1	38.6	41.3	38.8	41.5	39.0
Short Circuit Current (Isc/A)	11.43	9.27	11.52	9.34	11.60	9.41	11.69	9.48	11.77	9.54
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	34.2	31.8	34.4	32.0	34.6	32.2	34.8	32.4	35.0	32.6
Current at Maximum Power (Imp/A)	10.68	8.61	10.76	8.68	10.84	8.75	10.92	8.81	11.00	8.88
Module Efficiency(%)	20.0		20.3		20.6		20.9		21.1	

Operating Parameters

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

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C



No.8369 Shangyuan Road, Xi'an Economic And Technological Development Zone, Xi'an, Shaanxi, China.
Web: www.longi.com

Specifications included in this datasheet are subject to change without notice. LONGI reserves the right of final interpretation. (20220810V16)

Anexo E - Datasheet Inversor SolaX X1-BOOST G3 3kW










X1-BOOST G3

3.0kW/3.3kW/3.6kW/4.2kW
4.6kW/5.0kW/5.5kW/6.0kW

info@solaxpower.com
service@solaxpower.com



Features

-  Remote upgrade and maintenance
-  150% oversizing and 110% overloading
-  14A Max. DC input 14A per string
-  AC/DC built-in SPD
-  CT/Meter compatibility
-  Easy to install and setup
-  24h monitoring and maintenance (Optional)

Contact Us for More Information

www.solaxpower.com Global: +86 571-56260008
AU: +61 1300 476529 UK: +44 2476 586998
DE: +49 6142 4091664 NL: +31 (0) 852 737932

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos



X1-BOOST G3

	X1-3.0-T-D(L) X1-3.0-T-N(L)	X1-3.3-T-D(L) X1-3.3-T-N(L)	X1-3.6-T-D(L) X1-3.6-T-N(L)	X1-4.2-T-D(L) X1-4.2-T-N(L)	X1-4.6-T-D(L) X1-4.6-T-N(L)	X1-5.0-T-D(L) X1-5.0-T-N(L)	X1-5.5K-T-D(L) X1-5.5K-T-N(L)	X1-6.0K-T-D(L) X1-6.0K-T-N(L)
DC INPUT								
Max. PV array input power [Wp]	4500	4950	5400	6300	6900	7500	8250	9000
Max. PV input Voltage [V]	600	600	600	600	600	600	600	600
Startup voltage [V]	100	100	100	100	100	100	100	100
Nominal input voltage [V]	360	360	360	360	360	360	360	360
MPP tracker voltage range [V]	70 ~ 580	70 ~ 580	70 ~ 580	70 ~ 580	70 ~ 580	70 ~ 580	70 ~ 580	70 ~ 580
No. of MPP trackers / Strings per MPP tracker	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1	2/1
Max. PV input current(Input A/Input B) [A]	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14	14/14
Isc PV Array Short Circuit Current(Input A/Input B) [A]	18/18	18/18	18/18	18/18	18/18	18/18	18/18	18/18
AC OUTPUT								
Rated AC output power [W]	3000	3300	3680	4200	4600	5000 ^①	5500	6000
Rated AC output current [A]	13	14.3	16	18.3	20	21.7	23.9	26.1
Max. output apparent power [VA]	3300	3630	4046/3680 for G98/G99	4620	5060	5500 ^②	6050	6600/4600 for VDE4105
Max. AC output current [A]	14.3	15.8	17.6/16 for G98/G99	20.1	22	23.9 ^③	26.3	28.7/20 for VDE4105
Nominal AC voltage/ AC voltage range [V]*	220/230/240; 180~280							
Nominal AC frequency/AC frequency range [Hz]*	50/60; ±5							
Power Factor Range	0.8 leading ~ 0.8 lagging							
THDi (Rated power) [%]	<2							
SYSTEM DATA								
Max. Efficiency [%]	97.80							
Euro. Efficiency [%]	97.00							
Standby consumption [W] @Night	<2							
Ingress Protection	IP66							
Operating Ambient Temperature Range [°C]	-25~+60 (Derating at 45°C)							
Max. operation altitude [m]	≤3000							
Relative humidity [%]	0~100 (Condensing)							
Typical noise emission [dB]	30							
Storage temperature [°C]	-30~+70							
Dimensions (W x H x D) [mm]	341.5 x 430 x 143							
Net weight [kg]	13.5	13.5	13.5	15	15	15	15	15
Cooling concept	Natural Cooling							
Communication interfaces	RS485/DRM/USB, Optional: CT/Meter							
Optional monitoring dongle	Pocket WiFi/LAN/4G							
Display	2 x LED + LCD (16 x 2) / APP							
PROTECTION								
Over/under voltage protection	YES							
DC isolation protection	YES							
Monitoring ground fault protection	YES							
Grid monitoring	YES							
DC injection monitoring	YES							
Back feed current monitoring	YES							
Residual current detection	YES							
Anti-islanding protection	YES							
Over temperature protection	YES							
SPD	YES							
STANDARD								
Safety	IEC/EN 62109-1/-2							
EMC	EN61000-6-1/2/3/4, EN61000-3-2/3/11/12							
Certification	IEC61727, EN50549, G98/G99, AS 4777.2, VDE4105, CEI 0-21, RD1699, UNE 206007-1, VFR							

① 5000 (4600 for VDE4105) ② 5500 (4600 for VDE4105; 5000 for C10/11) ③ 23.9 (20 for VDE4105; 21.7 for C10/11)

V3.3. Information may be subject to modify without notice.650.00021.00

* The AC voltage and the frequency range may vary from different country codes.

Anexo F - Relatório PVSOL empresa ROTOM



Original Sunenergy, Lda
Rua José Augusto Frutuoso 6
3025-029 Coimbra
Portugal

Contato:

Telefone: 239700750
E-mail: info@sunenergy.pt

Nome do projeto: Rotom

Rotom

Área de Localização Empresarial de Valado dos Frades, lote 6 e 4, 2450-378 Nazaré

16/03/2023

Seu sistema fotovoltaico de Original Sunenergy, Lda

Endereço da instalação

Área de Localização Empresarial de Valado dos Frades,
lote 6 e 4, 2450-378 Nazaré



Descrição do projeto:
Sistema de autoconsumo instantâneo

Figura F.1: Capa do relatório obtido da simulação das instalações da empresa Rotom.

Rotom

Original Sunenergy, Lda



Vista geral do projeto

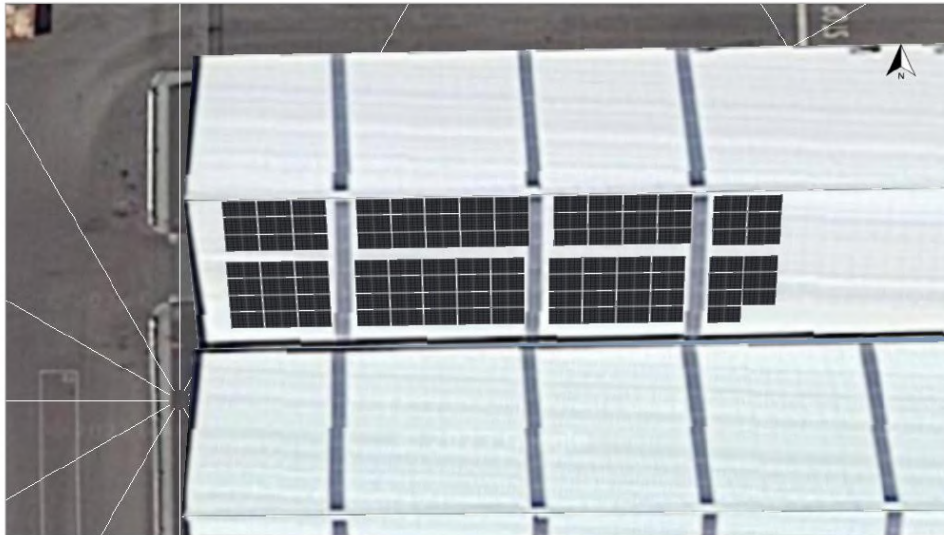


Figura: Imagem panorâmica, Modelagem 3D

Sistema fotovoltaico

3D, Sistema fv conectado à rede com consumo

Dados climáticos	Nazaré, PRT (1996 - 2015)
Fonte dos valores	Meteonorm 8.1(j)
Potência do gerador fotovoltaico	43,65 kWp
Area do gerador fotovoltaico	214,3 m ²
Quantidade de módulos	97
Quantidade de inversores	1

Figura F.2: Vista geral do projeto realizado no PVSOL.

Rotom

Original Sunenergy, Lda

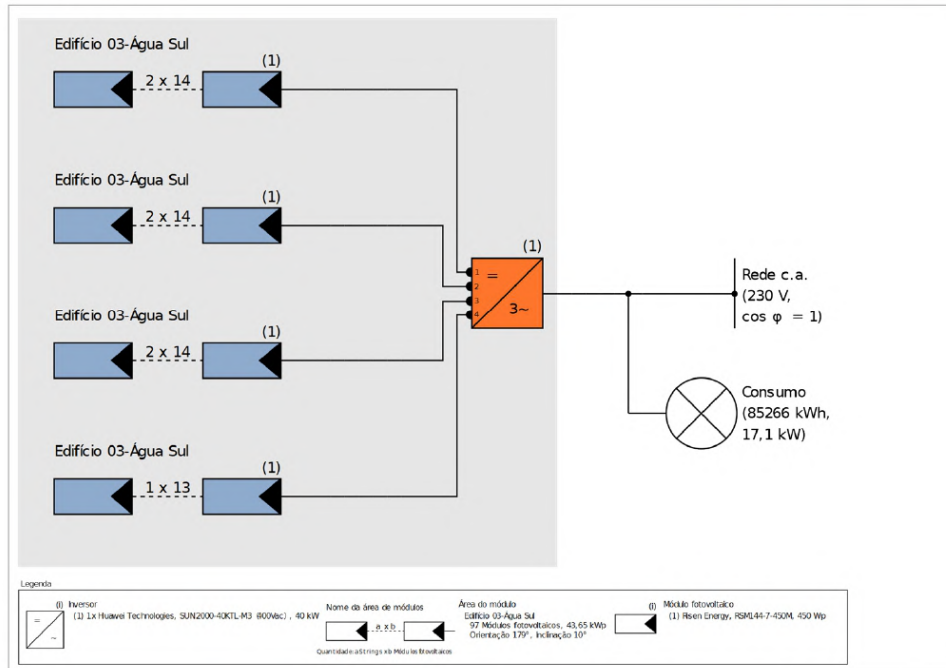


Figura: Esquema elétrico

Previsão de rendimento

Previsão de rendimento

Potência do gerador fotovoltaico	43,65 kWp
Rendimento anual específico	1 518,12 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	86,25 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,3 %
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	66 290 kWh/Ano
Autoconsumo	41 829 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Injeção na rede	24 461 kWh/Ano
Autoconsumo	63,1 %
Emissões de CO ₂ evitadas	12 193 kg/ano
Nível de autonomia	49,0 %

Figura F.3: Esquema unifilar e previsão de rendimento da instalação.

Rotom



Original Sunenergy, Lda

Áreas do módulo

1. Área do módulo - Edifício 03-Água Sul

Gerador fotovoltaico, 1. Área do módulo - Edifício 03-Água Sul

Nome	Edifício 03-Água Sul
Módulos fotovoltaicos	97 x RSM144-7-450M (v1)
Fabricante	Risen Energy
Inclinação	10 °
Orientação	Sul 179 °
Situação de montagem	Integrado no telhado - sem ventilação traseira
Area do gerador fotovoltaico	214,3 m ²

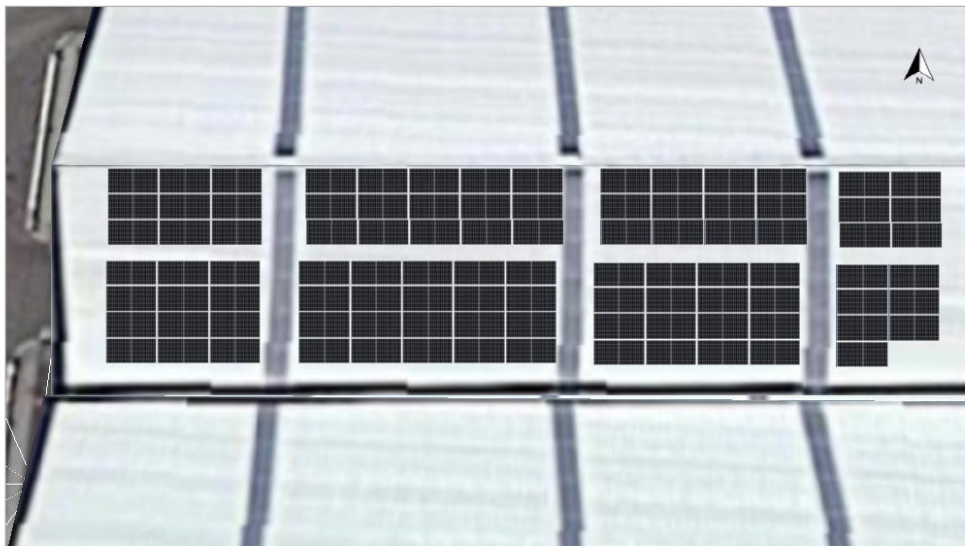


Figura: 1. Área do módulo - Edifício 03-Água Sul

Figura F.4: Áreas dos módulos fotovoltaicos e resumo.

Rotom

Original Sunenergy, Lda



Linha do horizonte, Modelagem 3D

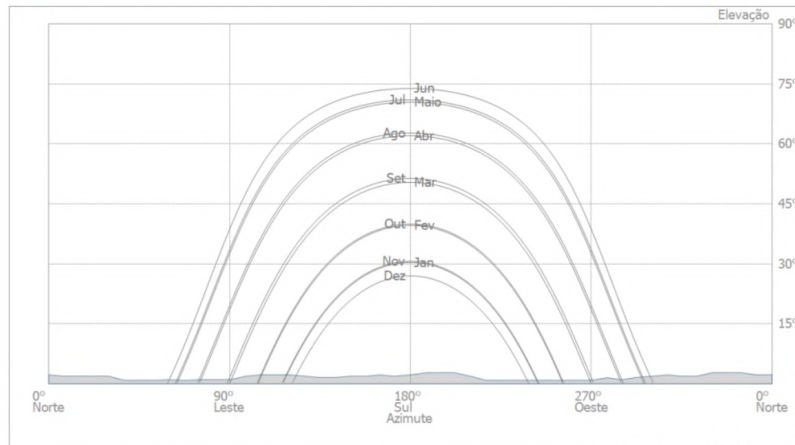


Figura: Horizonte (Modelagem 3D)

Configuração do inversor

Configuração 1

Área do módulo	Edifício 03-Água Sul
Inversor 1	
Modelo	SUN2000-40KTL-M3 (400Vac) (v3)
Fabricante	Huawei Technologies
Quantidade	1
Fator dimensionamento	109,1%
Configuração	PMP 1: 2 x 14 PMP 2: 2 x 14 PMP 3: 2 x 14 PMP 4: 1 x 13

Rede c.a.

Rede c.a.	
Quantidade de fases	3
Tensão da rede entre fase e neutro	230 V
Fator de potência (cos phi)	+/- 1

Figura F.5: Linha de horizonte, configuração e informação do inversor e rede elétrica.

Rotom

Original Sunenergy, Lda



Resultados da simulação

Resultados Sistema completo

Sistema fotovoltaico

Potência do gerador fotovoltaico	43,65 kWp
Rendimento anual específico	1 518,12 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	86,25 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,3 %

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)



Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	66 290 kWh/Ano
Autoconsumo	41 829 kWh/Ano
Limitação no ponto de injeção	0 kWh/Ano
Injeção na rede	24 461 kWh/Ano

Autoconsumo	63,1 %
-------------	--------

Emissões de CO ₂ evitadas	12 193 kg/ano
--------------------------------------	---------------

Consumidores

Consumidores	85 266 kWh/Ano
Consumo em espera (Inversor)	24 kWh/Ano
Consumo total	85 290 kWh/Ano
coberto pelo sistema fv	41 829 kWh/Ano
coberto pela rede elétrica	43 461 kWh/Ano

Consumo total



Fração solar	49,0 %
--------------	--------

Nível de autonomia

Consumo total	85 290 kWh/Ano
coberto pela rede elétrica	43 461 kWh/Ano
Nível de autonomia	49,0 %

Figura F.6: Resultados da simulação, sistema completo.

Rotom



Original Sunenergy, Lda

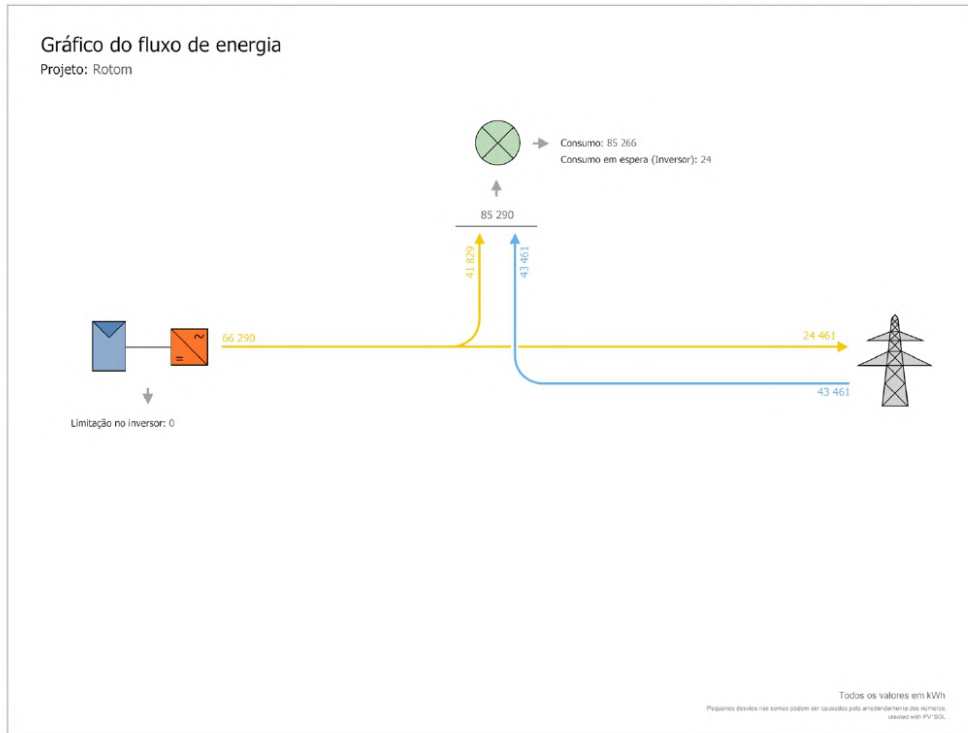


Figura: Fluxo de energia

Figura F.7: Fluxo de energia produzida, exportada e importada.

Projeto e instalação de Sistema de Autoconsumo com Sistemas Fotovoltaicos

Rotom



Original Sunenergy, Lda

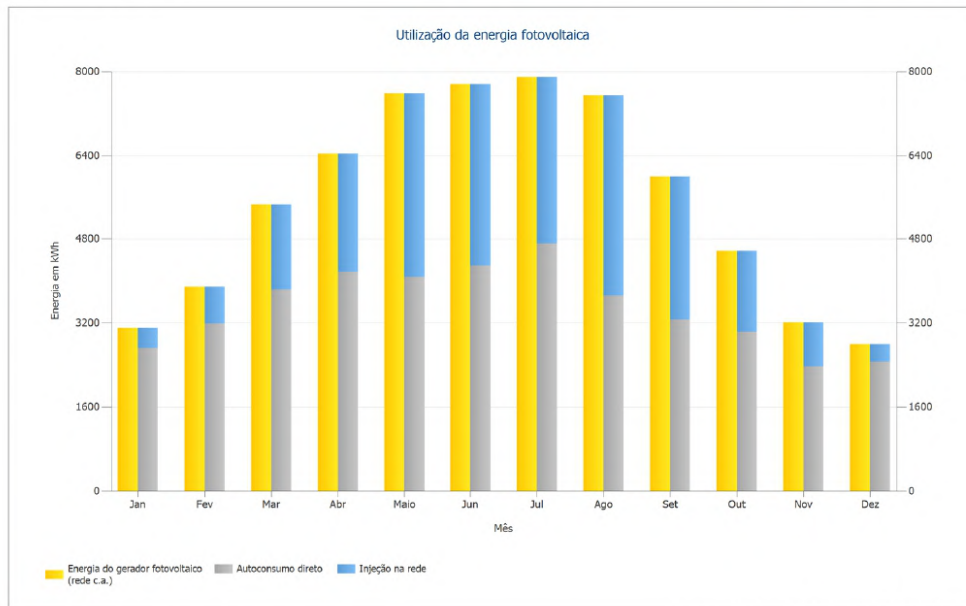


Figura: Utilização da energia fotovoltaica

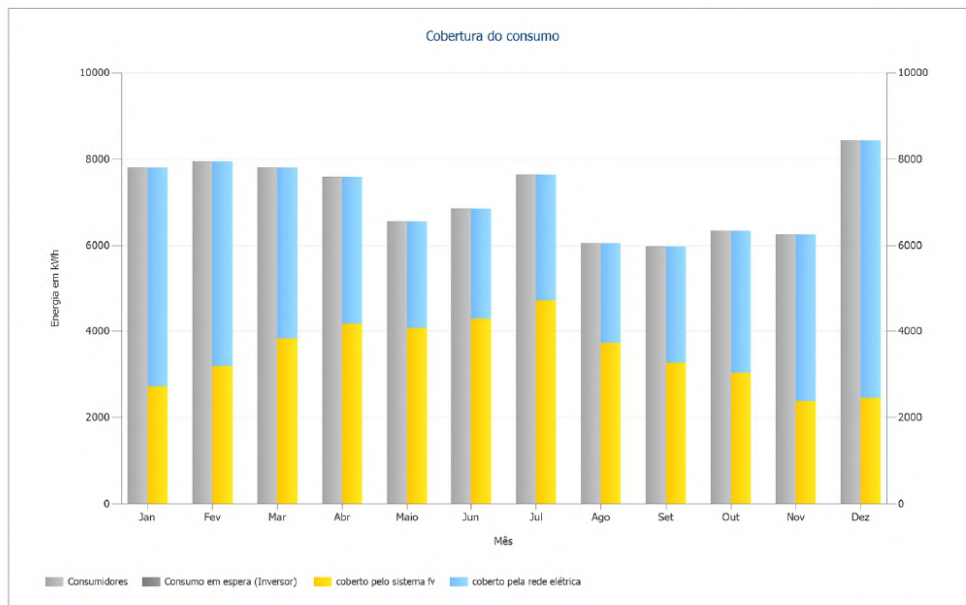


Figura: Cobertura do consumo

Figura F.8: Gráficos de utilização da energia fotovoltaica.

Rotom



Original Sunenergy, Lda

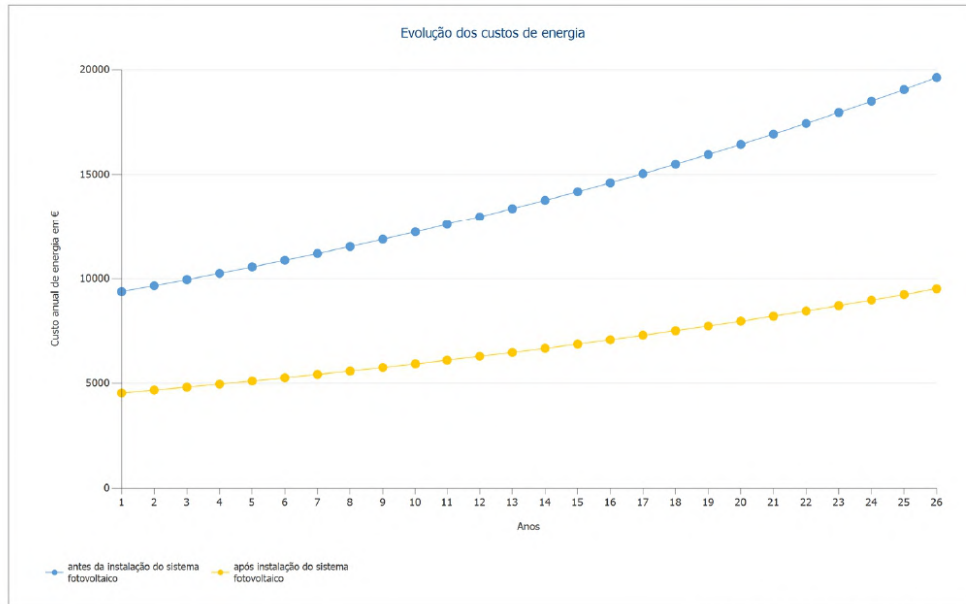


Figura: Evolução dos custos de energia

Figura F.9: Evolução dos custos de energia com e sem um sistema fotovoltaico.

Rotom

Original Sunenergy, Lda



Plano de strings



Figura: Edifício 03-Água Sul

Figura F.10: Esquema de ligação dos módulos fotovoltaicos.



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra