



Departamento
de Engenharia Eletrotécnica

Exploração de fontes de energia renovável para postos de carregamento rápido.

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica

Autor

Nuno Filipe Simão Ramos

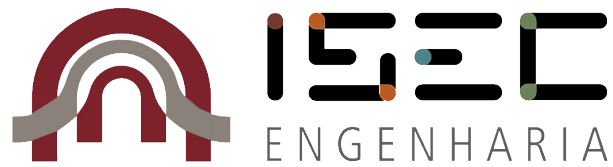
Orientador

Prof. Doutor Manuel Maria Abranches Travassos Valdez

Instituição

**Instituto Politécnico de Coimbra
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra**

Coimbra, dezembro 2016



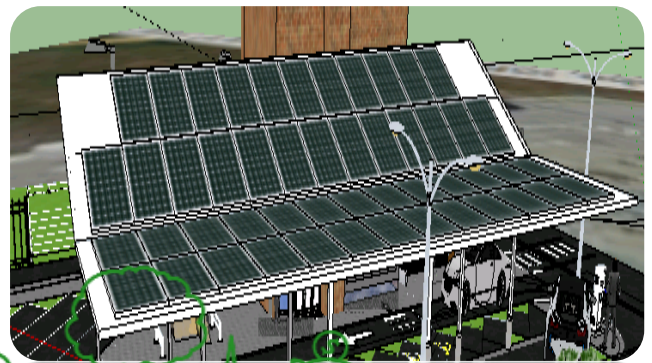
Exploração de fontes de energia renovável para postos de carregamento rápido.

Autor

Nuno Filipe Simão Ramos

Orientador

Prof. Doutor Manuel Maria Abranches Travassos Valdez



Coimbra, dezembro 2016

Agradecimentos.

No decorrer do presente projeto, foram muitas as pessoas que contribuíram para que este, tenha tomado um rumo positivo. Por forma a prestar-lhes a devida homenagem escrevo estas linhas.

Quero agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Manuel Maria Abranches Travassos Valdez, que sempre demonstrou bastante preocupação com o meu bem-estar. Reconheço-lhe o enorme gesto que teve comigo no início do meu percurso académico, a sua disponibilidade, paciência e sabedoria, que foram preciosas no decorrer deste projeto, pois sem a sua dedicação não teria tido um avanço tão consistente.

Agradeço também Professora Doutora Dulce Helena Coelho, à Professora Doutora. Rita Manuela Fonseca Monteiro Pereira e ao Professor Doutor. Adelino Jorge Coelho Pereira, que foram um grande auxílio no desenvolvimento deste projeto, interesse e capacidade de inovação.

Agradeço ao Engenheiro Carlos Varela pela sua disponibilidade e grande interesse no decorrer de todo este trabalho.

Um enorme agradecimento aos meus pais Manuel e Adélia, que sempre me procuraram ajudar da melhor maneira possível. Um muito obrigado por sempre acreditarem em mim e me transmitirem o seu conhecimento e darem a possibilidade de poder apurar as minhas capacidades. A vós eu devo grande parte do que sou hoje.

Ao meu irmão João Ramos, por todas as nossas conversas pela noite dentro, pela disponibilidade e por estar sempre presente quando mais necessitei.

À Inês Arrais, que me auxiliou em todos os aspetos, estando sempre disponível quando necessitei.

À Vanessa Tomé, que esteve sempre presente no decorrer deste projeto por acreditar em mim.

Deixo, também um agradecimento muito especial à minha amiga e professora Ana Laranjeiro, que infelizmente já não pôde presenciar o desenvolvimento deste trabalho. Um muito obrigado por sempre me incentivar.

A todos os meus amigos que estiveram sempre comigo e me apoiaram, mesmo quando estava mais desanimado.

A todos vós, um muito obrigado.

Nuno Ramos.

Resumo

Na sociedade dos dias de hoje o desenvolvimento equilibrado requer que a deslocação de pessoas e produtos seja feita de uma forma cada vez mais sustentável, respeitando o funcionamento dos ecossistemas e as necessidades de crescimento económico. O conceito de sustentabilidade aplicado à mobilidade, exige que se encare a mobilidade elétrica como uma via para alcançar esse propósito.

A mobilidade elétrica é uma realidade com grande potencial, que permite um desenvolvimento integrado de novas tecnologias, comportamentos do consumidor e formas de negócio, tendo em conta as tendências demográficas e ambientais.

A mobilidade elétrica rodoviária introduz benefícios e oportunidades, com um reduzido impacto no ambiental, na energia, na mobilidade e na indústria. Utiliza uma tecnologia limpa com elevado potencial, proporciona uma melhor eficiência energética, que permite reduzir a dependência e a fatura energética do país, além de potenciar o desenvolvimento e a integração de mais energia renovável no sistema. Proporciona o aparecimento de novos serviços de mobilidade, que se afiguram extremamente importantes quando se discute a mobilidade nas grandes cidades. Apresenta-se, também, como um fator importante na indústria, serviços e componentes, através da evolução tecnológica que proporciona.

Com o objetivo de abordar e responder a estes desafios este projeto tem como intuito apresentar soluções de exploração de fontes de energia renovável para alimentação de postos de carregamento rápido.

É proposto um modelo de um sistema de geração de energia através de um conjunto de painéis fotovoltaicos, que permitirão a alimentação sustentada de um posto de carregamento rápido.

Avaliou-se se, depois de colmatadas as necessidades energéticas da estação de serviço, haveria algum excedente de energia. Para o aproveitamento dessa energia sobrando, concluiu-se que se poderia vender esse remanescente à rede, através das tarifas transitórias de venda a clientes finais em Portugal Continental, regulada pela Entidade Reguladora de Serviços Energéticos.

Foi, ainda, efetuado um teste de viabilidade económica onde foram realizados estudos do valor atual líquido (VAL), da taxa interna de retorno (TIR) e de *payback*, onde é estudado o tempo de retorno do investimento inicial.

Palavras-chave: autoconsumo, carregador rápido de veículos elétricos, irradiância, painel fotovoltaico, veículos elétricos.

Abstract

In today's society balanced development requires the movement people and products be made in an increasingly sustainable way, respecting the functioning of ecosystems and the needs of economic growth. The concept of sustainability applied to mobility, requires that electric mobility be considered as a way to achieve this purpose.

Electrical mobility is a reality with great potential, allowing integrated development new technologies, consumer habits and business forms, taking into account environmental trends.

The electric mobility introduces benefits and opportunities, with a reduced environmental impact, mobility and industry. Uses clean technology with high potential, it provides better energy efficiency, which reduces the dependence and the energy invoice of the country, in addition to boosting the development and integration of more renewable energy in the system. Provides the appearing of new mobility services, which are extremely important when discussing mobility in the cities. Show also, as an important factor in the industry, services and components, through technological evolution that provides.

With the objective to respond to these challenges this project aims to exploitation of renewable energy sources to power fast charging stations.

A model proposed is a power generation system through a set of photovoltaic panels, which will allow the feeding of a quick charging station.

Was calculated, after fulfilled the energy needs of the service station, there would be some energy surplus. For the use of this surplus energy it was concluded that could be sold to the network, through transient sales tariffs to customers in Portugal, regulated for Entity of Energy Services.

An economic feasibility study was carried out, where it was studied the net present value (NPV), the internal rate of return (IRR) and the payback.

Key words: electric vehicles, irradiance, photovoltaic panel, quick charger of electric vehicles, self-consumption.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Abstract.....	v
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Quadros.....	xi
Lista de Abreviaturas e Acrónimos.....	xiii
Capítulo 1 - Introdução.....	1
1.1. Objetivos do trabalho.....	1
1.2. Estrutura do Trabalho.....	2
Capítulo 2 - Energias renováveis.....	5
2.1. Importância das energias renováveis.....	7
2.2. Sol como fonte de energia.....	9
2.3. Tipos de radiação.....	12
2.4. Energias renováveis em Portugal, apoios e incentivos.....	13
2.5. Energia verde.....	16
2.6. Painéis fotovoltaicos.....	17
2.6.1. Modelo teórico do painel fotovoltaico, especificações técnicas.....	19
2.6.2. Fatores influenciadores da produção fotovoltaica.....	22
2.7. Escolha dos Painéis fotovoltaicos.....	24
2.7.1. Conclusão e escolha dos painéis fotovoltaicos.....	25
2.8. Inversores para sistemas fotovoltaicos.....	26
2.8.1. Escolha dos inversores.....	27
2.9. Esquema de ligação.....	27
Capítulo 3 - Veículos elétricos.....	29
3.1. Tipos de veículos elétricos.....	30
3.1.1. Veículos <i>Híbridos</i> (VH).....	30
3.1.2. Veículos <i>Híbridos Plug-in</i> (VHP).....	31
3.1.3. Veículo Totalmente Elétrico (VE).....	31
3.2. Posto de carregamento.....	32
3.3. Tipos de carregamento de veículos elétricos.....	33
3.3.1. Carregamento normal.....	35
3.3.2. Carregamento rápido.....	36
3.3.2.1. Tomada <i>CHAdemo</i>	37
3.3.3. Supercharger Tesla.....	40
Capítulo 4 - Ferramentas computacionais aplicadas a sistemas fotovoltaicos.....	41
4.1. SketchUp Pro.....	42
4.2. <i>Skelion-pro</i> Vs. <i>Archelios-pro</i>	46
4.3. Estudo de caso.....	48
4.4. Local de estudo.....	50

4.5. Caracterização da estação.....	54
4.6. Produção do sistema fotovoltaico	55
4.7. Associação de dados.....	61
4.7. Tarifas.....	64
4.8. Autoconsumo, posto de carregamento rápido e venda de energia	67
4.8.1. Autoconsumo estação.....	71
4.8.2. Autoconsumo da estação e posto de carregamento rápido	72
4.8.3. Autoconsumo da estação, posto de carregamento rápido e venda de energia à rede	75
4.9. Orçamento	77
4.10. <i>Payback</i>	78
Capítulo 5 – Conclusão	83
5.1. Perspetivas de trabalhos futuros.....	84
Referências Bibliográficas	85
Anexos.....	97

Índice de Figuras

Figura 1-Perspetiva de evolução das fontes de energia. (Repsol, 2014).....	6
Figura 2-Evolução da Capacidade Instalada Nacional por Fonte de Energia. (APREN, 2009).....	6
Figura 3-Investimento na energia renovável a nível global. (McCrone, A. et Francoise, d’Estais et Usher, E., 2016)	8
Figura 4-Investimento da União Europeia, por tipo de energia. (McCrone, A. et Francoise d’Estais et Usher, E., 2016)	9
Figura 5-Perdas de radiação solar. (NASA, 2013).	10
Figura 6-Irradiação solar mundial. (SolarGIS, 2013)	11
Figura 7-Irradiação solar na Europa VS. Portugal. (SolarGIS, 2015)	11
Figura 8-Tipos de radiação. (NASA, 2010)	12
Figura 9-Energia fotovoltaica na Europa. (PE, 2015).....	15
Figura 10-Funcionamento de uma célula fotovoltaica. (Clem. D, 2012)	18
Figura 11-Modelo matemático do efeito fotovoltaico. (Ferreira. R, 2008)	19
Figura 12-Variação da curva I-V com a irradiância [anexo 2].....	22
Figura 13-Determinação do ponto máximo de funcionamento (MPP) (Davis. S, 2011).	24
Figura 14- Comparação entre painéis	25
Figura 15-Comparação entre painéis, dimensões,	25
Figura 16-Esquema de ligação do sistema.	28
Figura 17-Aumento das emissões de carbono, a nível mundial, provocado pela queima dos combustíveis fósseis. (U.S.department of energy 2014).....	29
Figura 18-Diagrama de blocos do funcionamento do veículo elétrico (U.S.department of energy, 2014 b)	32
Figura 19-Funcionamento do veículo elétrico. (Shukla. A, 2009)	32
Figura 20-Subdivisão dos tipos de VE.....	33
Figura 21-Vendas de VE, VH e VHP por ano [Anexo 9].....	34
Figura 22-Tipos de tomadas disponíveis para o carregamento normal.	36
Figura 23-Postos de carregamento com o protocolo CHAdeMO na Europa. (CHAdeMO, 2016 b).....	39
Figura 24-Esquema de ligações da tomada CHAdeMO. (CHAdeMO, 2016 c)	39
Figura 25-Menu inicial SketchUp.....	43
Figura 26-Add location SketchUp – estação de serviço de Vagos.....	43
Figura 27- SketchUp 3d warehouse.....	44
Figura 28- Menu de opções do Buildedge PRO. (Keymark Enterprises, undated).....	45
Figura 29- Menu de opções do Ruby soft. (Rubysoft EC-Manual. 2016).....	46
Figura 30- Comparação entre Skelion-pro e Archelios pro.	48
Figura 31-Entrada do local de estudo. (Google maps, 2016).....	50
Figura 32-Irradiação no local de estudo. (SolarGIS, 2015 b)	51
Figura 33-Trajeto do Sol durante as estações do ano. (Freitas. E, 2016).....	51
Figura 34-Irradiação no local de estudo [anexo 4]	53
Figura 35-Irradiância no local painel seguidor Vs. painel imóvel [anexo 5]......	53
Figura 36-Print screen da evolução do modelo.	54

Figura 37-Screen, final do modelo desenvolvido em SketchUp.	57
Figura 38-Irradiância anual [anexo 5].....	58
Figura 39-Irradiância janeiro [anexo 7].	58
Figura 40-Evolução das do sombreamento ao longo de um dia.....	61
Figura 41-Representação típico de um diagrama de potência, Potência em função do Tempo. (Manske.M, 2012).....	62
Figura 42- Cálculos efetuados em Excel.....	64
Figura 43-Custo da fracturação, tarifa de longas utilizações [anexo 8].....	66
Figura 44-Custo da fracturação, tarifa de médias utilizações [anexo 8].....	67
Figura 45-Custo da fracturação tarifa de curtas utilizações [anexo 8].....	67
Figura 46- Payback [anexo 8].....	81

Índice de Quadros

Quadro 1-Medias de apoio a energias alternativas, por país. (Masson, G. et Orlandi, S. et Reking, M., 2014).....	15
Quadro 2-Comparação entre software.	42
Quadro 3-Dados técnicos dos painéis fotovoltaicos [anexo 2].	55
Quadro 4-Cálculos da produção média diária.[anexo 6].....	55
Quadro 5-Horário da Irradiância em janeiro.	58
Quadro 6- Energia mensal produzida pelos painéis fotovoltaicos em kWh, [Anexo 5].	59
Quadro 7-Energia mensal produzida [anexo 8].....	60
Quadro 8-Horas de irradiância superior aos 200W/m2 .[anexo 8].....	60
Quadro 9- Resumo do grupo dos painéis fotovoltaicos [anexo 6].....	61
Quadro 10- Esquema de cores utilizado para os diferentes tipos horários.....	63
Quadro 11- Potência consumida nos intervalos de tempo [anexo 8].....	65
Quadro 12-Total mensal pago, tarifa de longas utilizações, janeiro [anexo 8].	65
Quadro 13-Total pago, tarifa de médias utilizações, janeiro [anexo 8].	65
Quadro 14- Total pago, tarifa de curtas utilizações, janeiro [anexo 8].	66
Quadro 15-Comparação entre a energia consumida e a energia produzida [anexo 8]....	68
Quadro 16- Excesso de produção [anexo 8].....	69
Quadro 17-Consumos mensais no intervalo horário definido [anexo 8].	69
Quadro 18-Preço do consumo de energia no intervalo horário da produção [anexo 8]..	70
Quadro 19- Custo da energia no intervalo horário da produção [anexo 8].	71
Quadro 20-Poupança gerada da instalação dos painéis, nos intervalos horários considerados [anexo 8].	71
Quadro 21-Relação entre o excesso de energia produzida e a energia erigida pelo posto de abastecimento [anexo 8].	73
Quadro 22-Cálculo do valor pago excesso de produção pedido à rede, devido ao posto de abastecimento rápido [anexo 8].	73
Quadro 23-Poupança do grupo (estação mais posto de abastecimento rápido) [anexo 8].	74
Quadro 24-Preço médio do fecho do mercado OMIE. (OMIE, 2015).	75
Quadro 25-Total de potência disponível para venda à rede [anexo 8].	76
Quadro 26-Calculo da receita anual produzida, pela energia vendida [anexo 8].	77
Quadro 27-Orçamento [anexo 8].	77
Quadro 28-Retorno do investimento [anexo 8].	79

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

ε - Hiato do Semicondutor

ϵ - Energia

θ_{ambiente} - Temperatura Ambiente (em °C)

$\theta_{\text{célula}}$ - Temperatura de Trabalho da Célula (em °C)

APESF - Associação Portuguesa de Empresas do Sector Fotovoltaico

APREN - Associação Portuguesa de Energias Renováveis

AT - Alta Tensão

BTE - Baixa Tensão Especial

CA - Corrente Alternada

CC - Corrente Continua

CHAdEMO - “CHArge de MOve”. Nome comercial de um método de carregamento rápido para VEs. Nome da associação que construiu o método.

CI - Combustão Interna

CO₂ - Dióxido de Carbono

CR - Carregamento Rápido

CV - Certificados Verdes

DL - Decreto Lei

DR - Dispositivo Diferencial

EC - *European Commission*

EEG - *Erneuerbare Energien Gesetz*

EN - Estrada Nacional

EPIA - *European Photovoltaic Industry Association*

ER - Energia Renovável

ERSE - Entidade Reguladora de Serviços Energéticos

FF - Fator de Forma

FiP - *Feed-In-Primum*

Fit - *Feed-In*

GM - *General Motors*

I - Corrente

I_0 - Corrente Inversa de Saturação

I_{cc} - Corrente de Curto-Circuito

I_d - Corrente de díodo

I_{max} - Corrente máxima

I_{mp_painel} - Corrente Máxima no Ponto de Potência Máxima no Painel

K - Constante de *Boltzman*

kW - Kilowatt

kWh - Kilowatt Hora

m - Fator de Idealidade

ME - Motor Elétrico

MT - Média Tensão

Mtep - Megatonelada Equivalente de Petróleo

MW - Megawatt

MWh - Megawatt Hora.

NOCT - *Normal Operating Cell Temperature*

N_s - Número de células ligadas em série

P - Potência

$P_{carregamentos_dia}$ - Potência utilizada em Carregamentos por Dia

P_0 - Potencia de Pico num Intervalo de Tempo

P_{avg} - Valor médio de Potência num Intervalo de Tempo

P_{max} - Potência Máxima

$P_{med/dia}$ - Potência Média Diária

$P_{med/dia/fase}$ - Potência Média Diária por Fase

PVGIS - *Photovoltaic Geographical Information System*

PWM - Modulação Sinusoidal por Largura de Impulso

q - Carga do eletrão

RESP - Rede Elétrica de Serviço Público

R_{UPAC} - Remuneração Obtida por Venda de Energia à Rede

SAVE - Sistema de Alimentação de Veículos Elétricos

SQMA - Segurança Qualidade e Meio Ambiente

STC - *Standard Test Conditions*

T - Temperatura Absoluta (k)

T_c^r - Temperatura na Célula com Base nas Condições de Referência

TIR - Taxa Interna de Retorno

U_{max} - Tenção Máxima

U_{mpp} - Tensão Máxima no Ponto de Potência Máxima

U_{mp_painel} - Tensão Máxima no Ponto de Potência Máxima no Painel

U_{oc} - Tensão de circuito aberto

U - Tensão

VAL - Valor Atual Líquido

V_{CA} - Tensão de Circuito-Aberto

VE - Veículo Elétrico

VH - Veículo Híbrido

VHP - Híbrido *Plug-In*

V_t - Potencial Térmico

V_t^r - Potencial Térmico com Base nas condições de Referência

x - Número de Painéis a Colocar em Serie por Fase

y - Número de Painéis a Colocar em Paralelo por Fase

Capítulo 1 - Introdução

1.1. Objetivos do trabalho

O veículo elétrico conta já com uma longa história e com alguns contornos bastante singulares. Nos finais do século XIX o veículo elétrico já detinha grande parte dos meios de transportes de cidadãos. No entanto, estes ainda eram pouco desenvolvidos e algo limitados.

No início do século XX, conjuntamente com a revolução industrial, surgiu o veículo a combustão interna, que propunha uma ideia de deslocação relativamente barata para a época, com forte dependência dos combustíveis fósseis. Esta questão não era um problema para a época visto, terem sido descobertas grandes quantidades de petróleo, que levaram ao declínio do preço da gasolina, o que por sua vez, fez com que os veículos a combustão interna se tornassem mais baratos e, por conseguinte, mais apetecíveis (Loveday, E., 2016), (HistóriaVE, 2009).

Nos finais do século XX, começaram a surgir os primeiros sinais do uso excessivo dos combustíveis fósseis, dos quais importa destacar a poluição atmosférica e a escassez do petróleo.

Como a necessidade estimula o conhecimento e o conhecimento aguça o empreendimento, rapidamente o homem procurou uma forma de continuar o desenvolvimento pessoal. Progressivamente começaram a surgir alternativas aos veículos de combustão interna. Primeiro surgiram os veículos híbridos, seguindo-se os veículos híbridos *plug-in* e, finalmente, os veículos completamente elétricos. (Emadi, A., 2014), (Iqbal, H., 2010).

Atualmente, é na mobilidade elétrica que reside a expectativa de alcançar uma solução a curto e médio-prazo para os problemas de poluição e escassez dos combustíveis fósseis, associados à mobilidade.

As baterias de armazenamento de eletricidade são o tipo de acumulação de energia mais usado nos veículos elétricos e ainda constituem a grande barreira tecnológica, porém, as mais recentes tecnologias de baterias à base de Lítio-ar apresentam características promissoras. (Autohoje, 2012)

Ao nível da produção de energia elétrica em Portugal, as fontes de energias renováveis, assumem um lugar de grande relevo nas políticas internas nacionais para o sector energético. O papel das fontes renováveis é essencial para combater a forte dependência energética de países exteriores e, conseqüentemente aumentar a economia nacional. Tem-se investido na instalação de aerogeradores, na construção de novos aproveitamentos hidroelétricos e, mais recentemente, incentivado à microgeração elétrica para particulares e empresas.

Com a melhoria sucessiva das tecnologias das baterias e com a descida dos preços dos veículos elétricos devido à produção em larga escala, pensa-se que a sua utilização se massifique nos próximos anos.

Juntando estes dois conceitos (mobilidade elétrica e produção de energia elétrica por fontes renováveis), surgiu a ideia de fazer um estudo aprofundado, que resulta no presente projeto. O desafio seria conseguir criar um sistema de carregamento de veículos elétricos alimentado por uma fonte de energia renovável para, desse modo, diminuir o impacto que os veículos elétricos terão na rede elétrica e criar uma forma de deslocação para o Homem que terá menos impacto na natureza.

1.2. Estrutura do Trabalho

Este trabalho de investigação foi orientado com os seguintes objetivos:

Discutir as metodologias possíveis para a exploração de fontes de energia renovável para alimentação de postos de carregamento rápido, como solução para uma mobilidade sustentável;

Desenvolver um modelo de um sistema de geração de energia através de um conjunto de painéis fotovoltaicos, que permitam a alimentação sustentada de um posto de carregamento rápido;

Desenvolver e conceber o modo como se poderia aproveitar o excedente de energia.

Este projeto está organizado em cinco capítulos, que serão seguidamente apresentados de forma sucinta.

- O capítulo 1 apresenta uma introdução com os objetivos propostos para este projeto.
- O capítulo 2 apresenta uma abordagem da evolução técnica das energias renováveis. Foi estudada, também, a estratégia adotada por Portugal na corrida às energias renováveis e quais as medidas implementadas na estimulação do respetivo investimento.
- O capítulo 3 apresenta o estado da arte sobre veículos elétricos e dos diversos métodos e tecnologias para sistemas de carregamento rápido desses mesmos veículos, nas condições típicas de um carregamento rápido, tendo em atenção a exigência de potência requerida à rede que pode ser minimizada pelo auxílio de painéis fotovoltaicos.
- No capítulo 4 é exposta a metodologia utilizada para se alcançar a viabilidade técnica do presente projeto, através de um estudo dos vários softwares que melhor se adequariam às necessidades. Após a escolha do software a utilizar, foi descrito o funcionamento do mesmo e de que modo contribuiu para a elaboração do projeto final.
- Por último, no capítulo 5 apresentam-se as principais conclusões deste trabalho de investigação e são perspetivados trabalhos futuros de evolução do método desenvolvido.

Fazem parte deste trabalho alguns anexos que, sendo úteis para o trabalho desenvolvido, servem também para compreender melhor alguns assuntos explicados nos diversos capítulos, bem como uma bibliografia.

Neste trabalho, propõe-se um modelo de um sistema de carregamento rápido de veículos elétricos, que permite interligar um sistema de produção fotovoltaico ao estudo de caso da estação de serviço, este permite ainda a venda de eletricidade à rede elétrica nacional, formando assim um sistema que propõem um retorno de investimento consideravelmente bom.

A topologia de carregadores rápidos requer correntes elevadas em intervalos de tempo curtos. Portanto, são propostos componentes capazes de gerir o trânsito de potência entre a rede e o carregador. Um dos objetivos do sistema prende-se com a minimização da corrente solicitada à rede, recorrendo à utilização de outras fontes, a fim de evitar a excessiva sobrecarga das linhas de distribuição existentes.

Capítulo 2 - Energias renováveis

No presente capítulo é efetuada uma abordagem da evolução técnica das energias renováveis. É caracterizado também de que forma é que as energias renováveis têm influenciado o quotidiano, bem como de que maneira é que Portugal implementou o investimento em energias renováveis.

A consciencialização para a utilização da energia renovável surgiu na sequência de várias crises energéticas petrolíferas mundiais, com a primeira grande crise energética a ocorrer na década de 70. Este fato acabou por abrandar o crescimento da economia mundial, especialmente nos países economicamente desenvolvidos com fortes dependências petrolíferas.

A partir dessa altura, a energia passou a ser vista como um bem escasso ou, pelo menos, não inesgotável. Tem-se assistido a um profundo trabalho de investigação em torno das potencialidades das energias renováveis, principalmente nos países europeus de economia mais avançada. (Donella, H. et Dennis, L. et Jorgen, R. et William, W., 1972)

Nos tempos atuais, existe uma forte consciencialização para a utilização racional da energia, principalmente no que respeita à sua produção e transporte. A sua utilização tem como objetivo atenuar o impacto ambiental das energias no mundo. Relativamente às fontes de energia fósseis, assiste-se hoje à redescoberta do gás natural e a uma gestão mais rigorosa do petróleo e do carvão. Quanto ao uso de energias renováveis, estas são vistas agora como uma prioridade, estando hoje dedicados vastos fundos e meios de investigação ao seu desenvolvimento e utilização.

A nível europeu são referidos, mais à frente no ponto 2.1, os incentivos e esforços realizados até ao momento.

Tal como a primeira grande crise energética da década de 70, outro sinal de alarme para a consciencialização dos riscos para o nosso planeta foi emitido pelo relatório “*The Limits to Growth*”. (Donella, H. et Dennis, L. et Jorgen, R. et William, W., 1972). No entanto e, apesar de este relatório ser um alerta, contém uma forte mensagem de esperança: “*O homem pode criar uma sociedade na qual ele pode viver indeterminadamente, este tem apenas de impor limites sobre si mesmo e sua produção desmesurada de bens materiais, podendo desse modo atingir um estado de equilíbrio global com população e a produção.*” (Donella, H. et Dennis, L. et Jorgen, R. et William, W., 1972).

Atualmente, podem ser consideradas seis as fontes para a produção de energia elétrica: petróleo, gás natural, carvão, biomassa, nuclear e hidroelétrica.

Tal como é apresentado na figura 1, prevê-se que de 2013 até 2040 exista um aumento de 4.375 Mtep (tep - Tonelada Equivalente de Petróleo), perfazendo 508.812.500 MWh, valor bastante significativo. Em 2013, apenas 135,59 Mtep eram produzidos por energias renováveis, não incluindo a biomassa e a hidroelétrica. Importa ainda referir que, de 2014 para 2040, a maior parte das energias não renováveis tenderá a diminuir a sua produção, com o carvão a reduzir de 29% para 25% e o petróleo de 31% para 26%, contrariamente ao que se passa com as energias renováveis. Prevê-se que, em 2040, as energias

renováveis sejam responsáveis por 3,22812 Mtep de toda a produção de energia no mundo (figura 1). (Repsol, 2014)

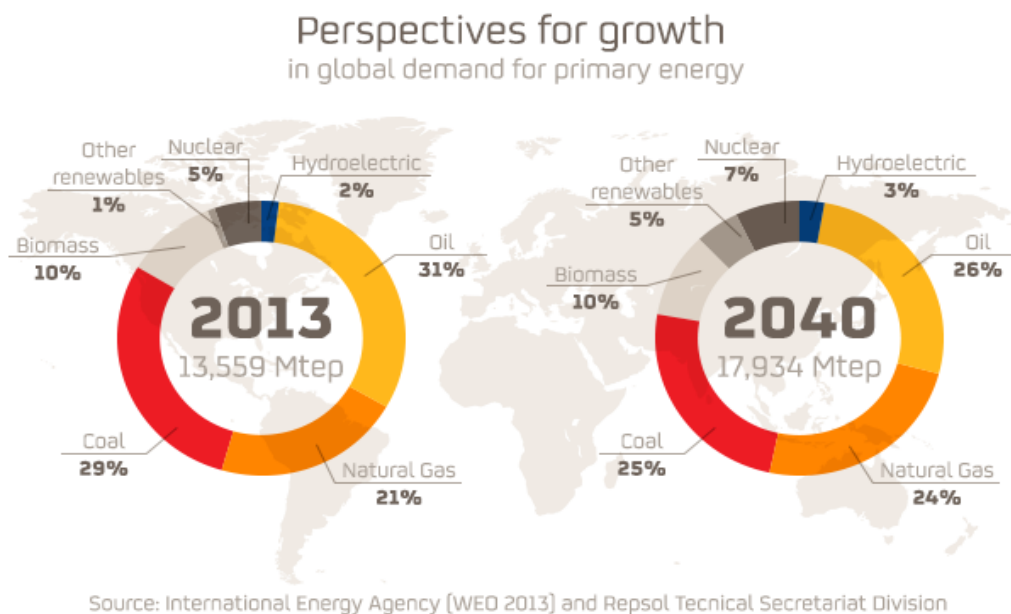


Figura 1-Perspectiva de evolução das fontes de energia. (Repsol, 2014)

Em Portugal, o investimento em energias renováveis foi considerado um dos objetivos prioritários apresentando um grande crescimento, com início em 2005. Atualmente registou-se um aumento de cerca de 2.000 MW, que representa um acréscimo de 31% na capacidade instalada de energias renováveis, tendo sido atingindo, em 2008, uma capacidade instalada de 8.300 MW. Estes valores podem ser deduzidos a partir do gráfico da figura 2.

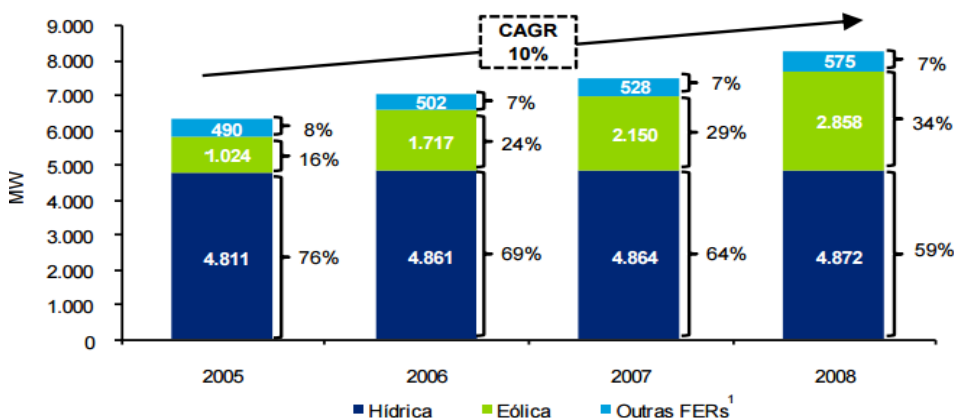


Figura 2-Evolução da Capacidade Instalada Nacional por Fonte de Energia. (APREN, 2009)

A tendência do forte investimento na energia renovável em Portugal tem-se mantido contante e começa a apresentar resultados significativos. Em 2015, segundo o Boletim das Energias Renováveis da Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN), Portugal conseguiu poupar cerca de 1.167 milhões de euros na produção de energia elétrica, que estão repartidos entre importações de combustíveis fósseis e licenças de emissões de carbono. (TVI24, 2016)

Atualmente, a produção a partir de fontes de energias renováveis foi responsável por mais de 50% do total da energia produzida em Portugal em 2015. Em 2016, Portugal foi o primeiro país do mundo a garantir quatro dias consecutivos, em que o consumo de eletricidade foi “assegurado integralmente”, apenas à custa de energia renovável. Este fato ocorreu no período compreendido entre as 06:45 do dia 07 de maio e as 17:45 do dia 11 de maio, correspondendo a um total de 107 horas seguidas. Segundo a APREN isto representa um marco bastante importante para a produção da energia mundial, com recurso às energias renováveis, citando mesmo que “...se atingiu um recorde muito importante neste século.” (TVI24, 2016 b).

2.1. Importância das energias renováveis

Atualmente, as dependências energéticas do mundo estão centralizadas em alguns países como Argélia, Arménia, Egípto, Líbano, Moldávia, Marrocos, Síria ou Ucrânia. (CEE Bankwatch Network, 2015). Estes países apresentam diversos problemas, a nível político, social e económico. Este conjunto de adversidades torna pouco apetecível a concretização de quaisquer tipos de investimentos. Pois podem dar origem a elevados riscos no correto fornecimento de matéria-prima, o que pode ter graves repercussões económicas em qualquer país consumidor. (Boekhoudt, A. et Behrendt, L., 2014)

De modo a combater a monopolização energética por parte dos países acima referidos, a Europa tem investido bastante em apoios e incentivos à criação de fontes de energia próprias. Como o continente europeu não é tão rico em matérias-primas como outros, os apoios criados têm sido sobretudo direcionados para a criação de fontes de energia renovável. Esses incentivos têm representado um elevado peso no orçamento europeu desde 2004, altura em que as relações políticas com os países fornecedores de matéria-prima se tornaram mais tensas e arriscadas. Assim, o comitê europeu desenvolveu um plano de incentivo à criação de fontes de energia renovável, que teve como principal impulsionador o incentivo monetário a centrais de produção renovável, com potência nominal instalada inferior a 50MW. O valor do incentivo monetário em 2004 foi de 46.600 milhões de dólares, quantia essa que foi crescendo até 2008, altura em que já apresentava um esforço de 182.200 milhões de dólares, no orçamento anual europeu. (Boekhoudt, A. et Behrendt, L., 2014)

Em setembro de 2009 a Europa, abalada com os graves problemas financeiros registados por alguns países membros, efetuou um decréscimo aos incentivos à criação de fontes de energia renovável. Países como Portugal, Itália, Irlanda, Grécia e Espanha, registaram um saldo negativo no PIB (produto interno bruto) superior a 3%. Este fato, não podendo ser ignorado pela União Europeia, forçou-a a intervir, pois as regras da Comissão Europeia

para o endividamento do PIB ditam que os países não podem ter um endividamento superior a 3%, conseqüentemente foram elaborados planos de resgate financeiro. Têm como objetivo o equilíbrio financeiro dos países em crise económica. Assim, no ano seguinte, registou-se uma melhoria da economia europeia, o que resultou num novo acréscimo de investimento em incentivos na exploração de energias renováveis. (R7 notícias, 2010).

Nos anos que se seguiram, os incentivos da Comissão Europeia mantiveram-se relativamente contantes, com tendência para um certo crescimento, chegando mesmo a atingir um máximo histórico em 2011 em que foram disponibilizados 279.000 milhões de dólares (figura 3).

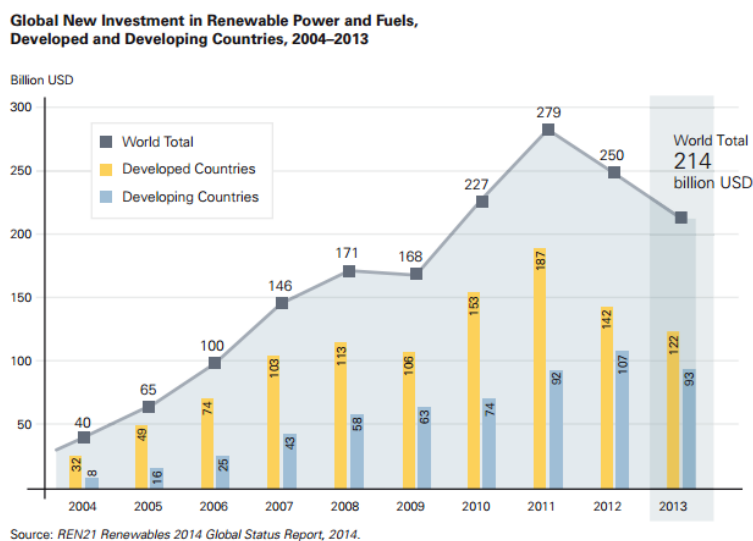


Figura 3-Investimento na energia renovável a nível global. (McCrone, A. et Francoise, d'Estais et Usher, E., 2016)

Os incentivos disponibilizados em 2014 não foram aplicados de igual modo nas várias fontes de energia renovável. Cerca de 25% dos 279.000 milhões de dólares foram investidos na energia solar, seguido pela energia eólica, com cerca de 11%. É de notar que foi apenas em 2014 que se começou a investir na energia proveniente das ondas do mar. Pode ser analisada mais detalhadamente na figura 4 de que forma foram distribuídos os incentivos para as várias fontes de energia renovável. (McCrone, A. et Francoise d'Estais et Usher, E., 2016)

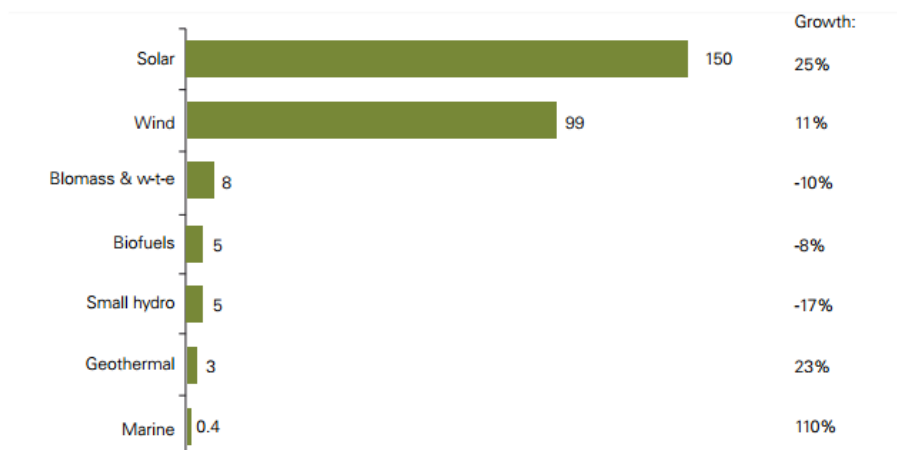


Figura 4-Investimento da União Europeia, por tipo de energia. (McCrone, A. et Françoise d'Estais et Usher, E., 2016)

Deste modo, verifica-se que a Europa tem um interesse bastante grande em que as fontes de energia renovável se desenvolvam o mais rápido possível, para que se diminua a dependência energética e possam ser cumpridos os protocolos de metas ambientais, como o protocolo de Kyoto e o Protocolo de Madrid. O protocolo de Kyoto está em vigor até 2020, tendo sido renovado em 2015. Contudo, na data da renovação, apenas 23 países atingiram os limites a que se propuseram, sendo Portugal um desses mesmos países. (Dantas, H., 2016)

2.2. Sol como fonte de energia

Atualmente, a produção de energia através do Sol está cada vez mais difundida, tornando-se uma alternativa limpa, bastante plausível e confiável para produção de energia elétrica. No entanto, a radiação solar não chega da mesma forma a todas as zonas do globo. Por outro lado, a grande distância a que o Sol se encontra da Terra implica que só uma ínfima parte da radiação emitida pelo Sol chega à atmosfera terrestre, aproximadamente $1 * 10^{18}$ kWh/ano. (Manual G.T.E.S. F, 2004)

Existem muitos fatores que influenciam o potencial energético de radiação solar que chega à Terra. Através da análise da figura 5, verifica-se que, de todo o potencial energético que chega à Terra, apenas se pode considerar 51%, de $1 * 10^{18}$ kWh/ano, visto que existem perdas atmosféricas, perdas através das nuvens e até mesmo perdas por reflexão na superfície terrestre.

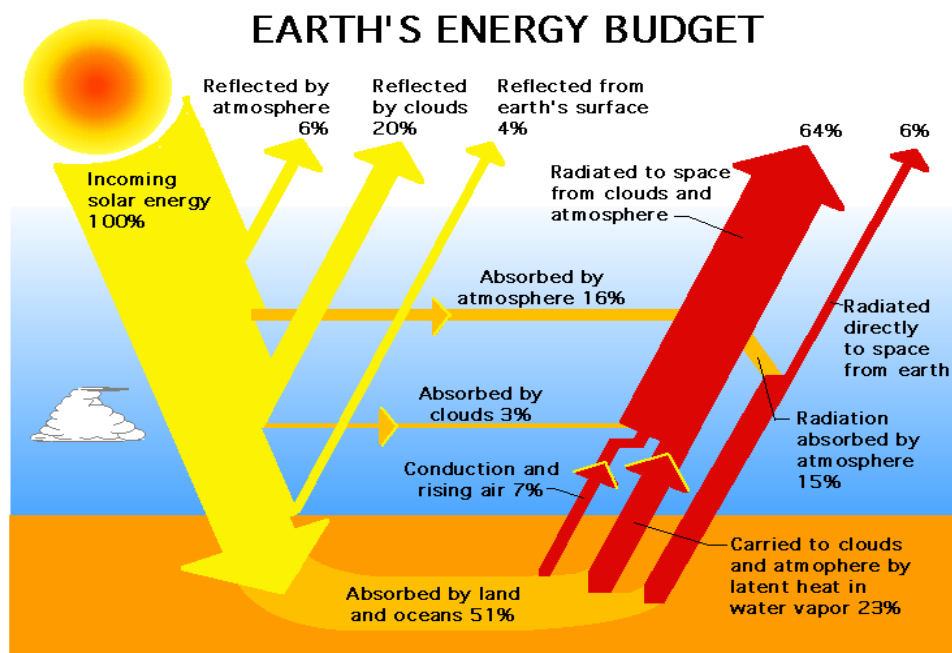


Figura 5-Perdas de radiação solar. (NASA, 2013).

Mesmo considerando todas as atenuações apresentadas na figura 5, o potencial energético recebido ainda é bastante grande e, de acordo com um manual técnico (Manual.G.T.E.S. F., 2004), é necessário utilizar apenas 0.01% da quantidade de energia solar que atinge a superfície da Terra para satisfazer a procura total da energia mundial. Essa quantidade de energia corresponde aproximadamente a dez mil vezes a procura global de energia.

A intensidade de radiação solar fora da atmosfera, depende da distância a que o Sol está da Terra e pode variar entre 1.47×10^8 Km até 1.52×10^8 Km (Cain. F, 2016) o que faz com que a irradiância¹ varie também entre os valores de 1.325 W/m^2 a 1.412 W/m^2 , gerando um valor médio de $1,3685 \text{ W/m}^2$. Após ser sujeita às atenuações descritas na figura 5, o valor da irradiância pode atingir valores na ordem dos 1.000 W/m^2 .

Como é fácil de perceber através da figura 6, a irradiação não incide da mesma forma em todas as zonas do globo, este parâmetro varia de forma significativa conforme a localização. É possível perceber que existe uma diferença bastante significativa quanto à irradiação solar incidente, dependente do local onde se situe a instalação.

¹ É a magnitude usada para descrever a energia incidente por unidade de superfície de todos os tipos de radiação eletromagnética.

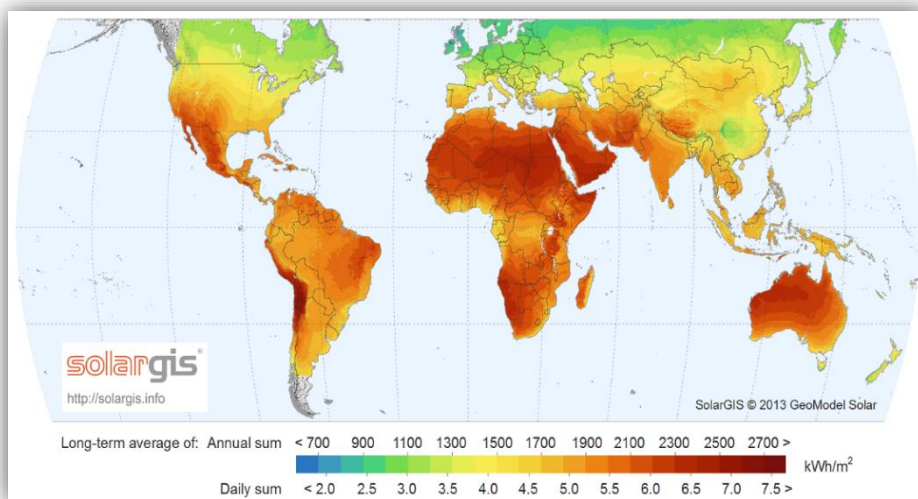


Figura 6-Irradiação solar mundial. (SolarGIS, 2013)

Se se considerar o continente Africano, é possível obter uma irradiação superior a 2700kWh/m², enquanto em Portugal esses valores variam entre os 1300kWh/m² e os 1800kWh/m². Portugal é um dos países da Europa com maior potencial energético, o que é bastante perceptível na figura 7 b.

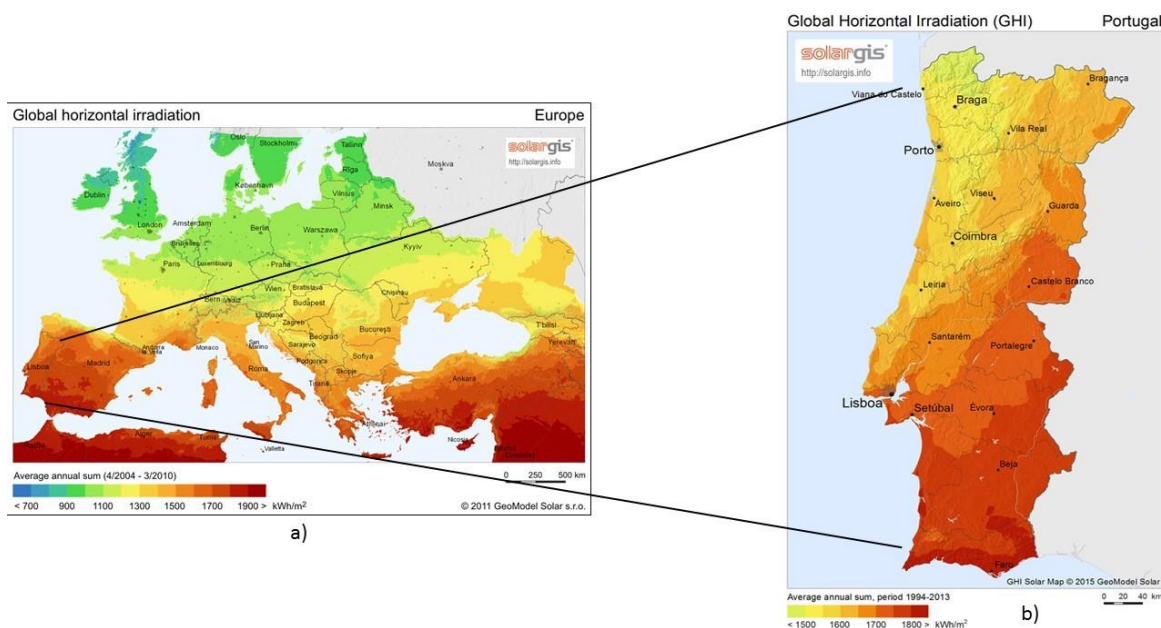


Figura 7-Irradiação solar na Europa VS. Portugal. (SolarGIS, 2015)

Pode-se constatar que Portugal e Espanha são líderes destacados no que se refere à incidência de irradiação solar, em comparação com o resto da Europa, o que torna a produção de energia elétrica através da produção fotovoltaica bastante desejável na Península Ibérica (figura 7 a).

2.3. Tipos de radiação

A incidência da luz solar na superfície terrestre é composta por vários tipos de radiação global, essencialmente dividida em três tipos:

- Radiação direta,
- Radiação difusa,
- Radiação refletida.

Quando se faz referência à radiação direta, significa que é a radiação que irradia do sol e que acaba por atingir a superfície terrestre, sem que seja afetada por qualquer partícula. Esta radiação quando atinge um objeto acaba por produzir sombras bem definidas e com maiores níveis de sombreamento.

A radiação difusa ou radiação dispersa não é mais do que um tipo radiação que se difunde a partir da atmosfera terrestre até à superfície terrestre.

A radiação refletida é uma radiação que provém de uma radiação direta ou difusa por reflexão no terreno envolvente. (Gil, G. et Poseiro, P. et Duarte, D., 2015).

Na figura 8, pode-se observar o comportamento de qualquer um dos tipos de radiação.

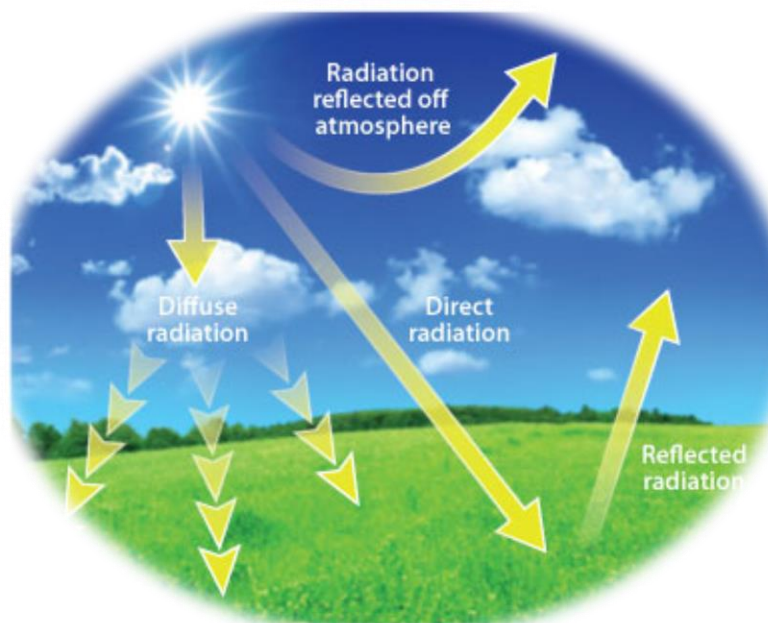


Figura 8-Tipos de radiação. (NASA, 2010)

2.4. Energias renováveis em Portugal, apoios e incentivos

Como foi referido anteriormente em 2.1, as políticas de implementação de fontes de energia renovável têm vindo a ser bastante incentivadas pela Comissão Europeia. Todavia, esses incentivos não são aplicados da mesma maneira em todos os países, dado que cada região tem uma certa disposição geográfica e diferentes políticas económicas.

Em Portugal existe um sistema de apoio direto que se aplica no início do projeto e tem como objetivo a redução do investimento inicial. Assenta na redução de impostos para o projeto demonstrado, ou até mesmo na compra direta de eletricidade, com as tarifas *feed-in* (Fit), tarifas *feed-in-premium* (FiP) ou com a obtenção de certificados verdes (CV).

Alguns países, incluindo Portugal, já ajustaram o seu regime remuneratório implementando novos modelos como os *net-metering*, *net-billing* e autoconsumo, regimes esses bastante apelativos para o investidor, o que indicia que os sistemas de produção de energia renovável se poderão tornar uma mais-valia. (Couture, T. et al (2010). et K. Cory et C. Kreycik et E. Williams, 2010)

Os primeiros apoios para o incentivo ao autoconsumo começaram na Alemanha em 2011, com a implantação das tarifas FiP. O tipo de remuneração era maior se a taxa do autoconsumo fosse superior a 30%, incentivando, desse modo, os consumidores/produtores ao aumento do autoconsumo.

Devido ao fato do preço da eletricidade “a retalho” ser superior ao custo de geração com um sistema fotovoltaico, o autoconsumo tornou-se mais aliciente do que o sistema de tarifas FiT, dado que neste tipo de tarifas toda a eletricidade produzida proveniente de energias renováveis tem de ser consumida/vendida antes da eletricidade produzida por fontes “normais”.

Em 2012 foi aprovada na Alemanha a designada lei da Energia Renovável da Alemanha ou EEG (*Erneuerbare Energien Gesetz*), que restringe a injeção da eletricidade na RESP (Rede Elétrica de Serviço Público), o que veio favorecer o consumo instantâneo da energia produzida. (Couture, T. et al (2010). et K. Cory et C. Kreycik et E. Williams ,2010), (EC, 2015)

Em Portugal, o autoconsumo só começou a ser regulado em 2015, através da entrada em vigor do DL 153/2014 “Enquadramento do Regime de Produção Distribuída”. Nesse regulamento foram criadas duas áreas distintas de trabalho: (DL, 2014)

- UPAC-Unidades de Produção de Energia de Autoconsumo,
- UPP-Unidades de Pequena Produção, designadas anteriormente por micro e mini-produção.

Este tipo de divisão foi estabelecido tendo como base as potências contratadas e produzidas. Nas UPAC e nas UPP estão englobadas as unidades de produção em que potência instalada é igual ou inferior a 200W não necessitando, portanto, de qualquer regulamentação. Nas instalações com menos de 1,5 kW, apenas é necessária uma pequena notificação emitida para a ERSE (Entidade Reguladora de Serviços Energéticos). Nas

instalações com valores entre 1,5kW e 1MW, como é o caso da instalação estudada no presente projeto, é necessária a aquisição de um modelo requerido, para um posterior registo na ERSE (AS Solar Ibérica, 2015). Este modelo está sujeito a uma inspeção e à consequente aprovação. (DGEG, 2015)

No que se refere às UPP, a potência instalada não pode ultrapassar os 250kW. Este tipo de produção permite a venda da totalidade da energia produzida. No entanto, existe uma salvaguarda que diz que a unidade não poderá vender mais que 20MW. (AS Solar Ibérica, 2015), (Homar, 2014)

Com este tipo de regulamento, Portugal passou de um regime de tarifas *feed-in* (Fit), para um regime de regulamentação específico de um sistema de autoconsumo e geração distribuída, que fomenta o aproveitamento de energia, sem criar novos custos para o sistema elétrico.

Os projetos fotovoltaicos são atualmente desenvolvidos com base nos perfis de consumo do local que irão servir, tendo sido esse o procedimento seguido no presente projeto. Assim, teve como objetivo o abastecimento da estação de serviço, através do autoconsumo, e abastecer também o posto de abastecimento rápido. (APESF, 2015)

De acordo com a APESF (Associação Portuguesa de Empresas do Sector Fotovoltaico) e de acordo com o relatório da EPIA (*European Photovoltaic Industry Associatio*) Portugal, em 2015, possuía um potencial fotovoltaico de cerca de 28 tep o que equivale a 325,64 MW.

Na figura 9 pode-se observar a forma como está distribuída a produção de energia solar na Europa. É de salientar que, apesar de Portugal liderar o ranking europeu de irradiação solar, este valor não se reflete na potência de energia solar instalada. Esse facto deve-se, em parte, a um fator já referido, que é o da crise económica.

Analogamente, verifica-se que os países que não passaram por uma crise económica tão acentuada desenvolveram uma maior potência com centrais fotovoltaicas, como a Alemanha e a Turquia, que lideram o *ranking* de potência fotovoltaica instalada (figura 9). Pode-se ainda concluir, a partir da figura 9, que Portugal tem a 4ª maior central fotovoltaica da Europa, situada na Amareleja, conselho de Moura, com uma potência instalada de 46 MW, o que fará com que, anualmente, Portugal deixe de enviar para a atmosfera 89,383 toneladas de CO₂. (Amareleja, undated)

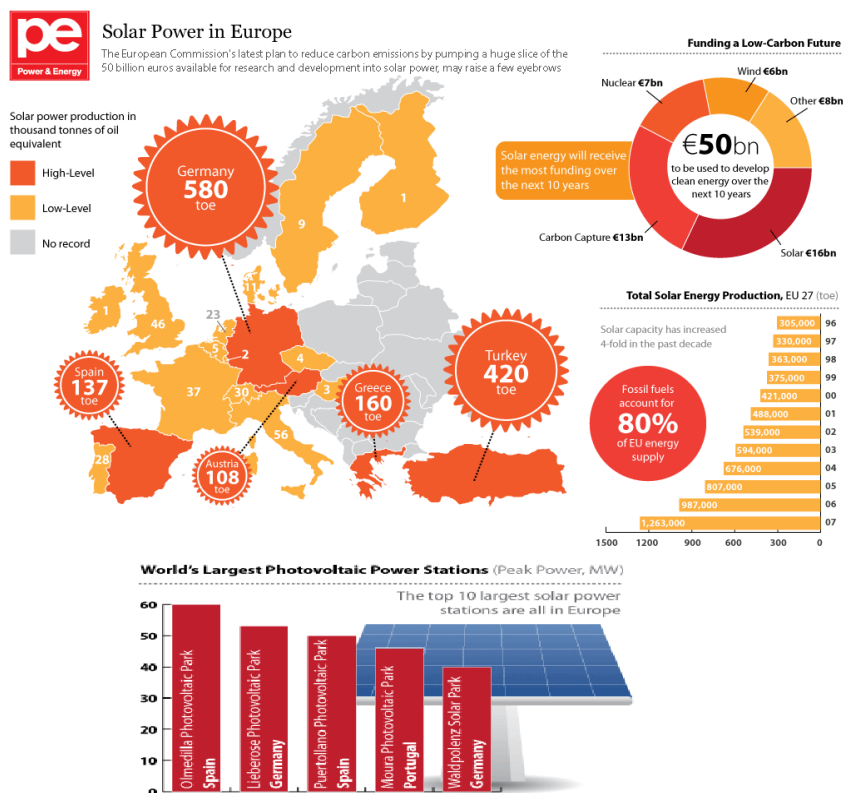


Figura 9-Energia fotovoltaica na Europa. (PE, 2015)

Em conclusão, em Portugal existem 3 medidas de incentivo/integração à utilização de fontes de energia alternativas, que são as tarifas FiT, FiP e o Autoconsumo.

Podem ser verificadas no quadro 1 as tarifas em vigor na Europa.

Quadro 1-Medias de apoio a energias alternativas, por país. (Masson, G. et Orlandi, S. et Rekingner, M., 2014)

Países	Fi	Fi	C	I	Net-Metering	Net-Billing	Autoconsumo
Alemanha	X	X	X				X
Bélgica			X	X	X		X
Bulgária	X						
França	X						
Itália				X		X	
Holanda				X	X		
Portugal	X			X			X
Espanha							X
Reino Unido	X		X	X			X

Existem vários tipos de sistemas de autoconsumo: sistemas de autoconsumo isolados, sistemas de autoconsumo ligados à RESP, sistemas *net-metering* e sistemas *net-billing*.

O autoconsumo proporciona vários tipos de vantagens, entre as quais importa destacar a eficiência energética, dado que a aplicação deste tipo de sistemas pode levar à consciencialização por parte dos consumidores, o que se traduz numa racionalização dos consumos. No entanto, existe uma vantagem muito lucrativa para a RESP que é o facto de estes modelos contribuírem para a redução das perdas na rede.

Existe ainda alguma relutância à implementação do autoconsumo. O desconhecimento sobre o assunto e a má informação quanto à possibilidade de uma adequada utilização do autoconsumo, bem como algumas dificuldades na aceitação do mercado, leva a que a tarifa do autoconsumo não seja devidamente explorada.

Nos países onde já é possível optar pelo autoconsumo, tem-se verificado alguma resistência, visto existirem concessionárias que dominam a eletricidade produzida, apresentando mesmo algumas barreiras legais e/ou económicas, que tem contribuído fortemente para a não adesão ao autoconsumo.

2.5. Energia verde

Neste ponto será efetuada uma breve abordagem de como surgiu o conceito de mobilidade elétrica. Será também realizado um estudo acerca das subcategorias em que se podem subdividir os Veículos Elétricos (VE).

O conceito de mobilidade elétrica tem sofrido bastantes alterações ao longo dos anos. Estas alterações têm-se verificado especialmente nas áreas urbanas, como consequência do desenvolvimento económico e social. Fruto da dispersão urbanística residencial e da descentralização das atividades e serviços, a mobilidade nos espaços metropolitanos é hoje uma realidade muito diversificada e complexa. É marcada por uma utilização crescente de transporte individual e pela ineficiência do transporte coletivo, com consequências a nível do ruído, poluição atmosférica e agravamento das condições de sustentabilidade energética.

De modo a combater os inconvenientes associados à mobilidade (em termos de ruído, poluição atmosférica), foi recriado um conceito, já bastante antigo, que é o da mobilidade elétrica, que utiliza sobretudo veículos movidos a energia elétrica.

Nos últimos tempos têm surgido bastantes campanhas de sensibilização para a racionalização da mobilidade e redução de emissões de CO₂, estabelecendo-se dois conceitos:

Mobilidade + Redução de gases do efeito de estufa >>>> Mobilidade elétrica.

Assim, surgiu o conceito de mobilidade elétrica, que constitui uma solução de mobilidade que assegura todos os princípios e benefícios de deslocação de indivíduos, com um impacto reduzido ou nulo sobre o meio ambiente possibilitando, assim, ao Homem manter o processo de aquisição de conhecimento, desenvolvimento individual e participação no processo social sem afetar o meio ambiente (Soares. I, 2012).

O conceito da mobilidade elétrica tem-se revelado cada vez mais interessante e tem cativado entusiastas por todo o mundo. Neste momento, existem países que já pensam em substituir todos os veículos de Combustão Interna (CI) comercializados, caso da Holanda, que propôs em Assembleia da República uma medida que visava apenas comercializar veículos com zero emissões, a partir de 2025 (Sheehan. S, et Revolta. D., 2016).

Em Portugal, o Governo tem sido um pouco mais conservador, no entanto, atualmente já se pode contar com uma rede de carregamento de VE relativamente desenvolvida. Em 2008 foi criada a MOBI.E, que se destina à criação de uma rede de postos de abastecimento elétricos para VE. Para isso, conta com a participação estatal, criação de parcerias com laboratórios de investigação e com empresas privadas. O resultado deste esforço foi a criação de uma rede de postos de carregamento de VE com cerca de 1300 postos de carregamento normais e 50 postos de carregamento rápido (Mobi.E, 2010). No entanto, o Governo Português prevê que até 2018 se possa levar a rede pública de postos de carregamento de VE a todos os municípios do país. Para isso, poderão ser investidos cerca de 70 milhões de euros que irão criar 2400 novos postos de carregamento, o que significa que em 3 anos Portugal pode quase duplicar a rede de postos de carregamento já existente (Moreno. F, 2016).

2.6. Painéis fotovoltaicos

O efeito fotovoltaico descreve-se pelo aparecimento de uma tensão elétrica num material após a sua exposição à luz. Esse fenómeno foi observado pela primeira vez por Alexandre-Edmond Becquerel, em 1839 (Zamostny.D, 2016).

Existe uma série de componentes/características que é necessário serem reunidas para que aconteça o efeito fotovoltaico. Os módulos são compostos por células solares de silício e cada célula é composta por uma fina camada de material do tipo N (material com eletrões livres) e outra com material do tipo P (material com cargas positivas). Por esse motivo, a célula é tecnicamente designada como uma junção P-N que, quando unidas na região da junção, gera um campo elétrico. Os fotões de luz, ao atingirem a célula, chocam com os eletrões, o que posteriormente faz variar a temperatura dos módulos, que acabam por excitar os eletrões e conseqüentemente gerar energia, formando um campo elétrico, em que os eletrões são orientados da camada P para a camada N. Em seguida, os eletrões que estão na zona N tendem a inverter o sentido, devido ao campo elétrico gerado; este processo é repetido até que deixe de existir excitação e seja atingido o equilíbrio entre o número de eletrões que se desloca para a zona N para a zona P.

Este raciocínio é em tudo semelhante ao funcionamento dos díodos e pode ser observado através da figura 10.

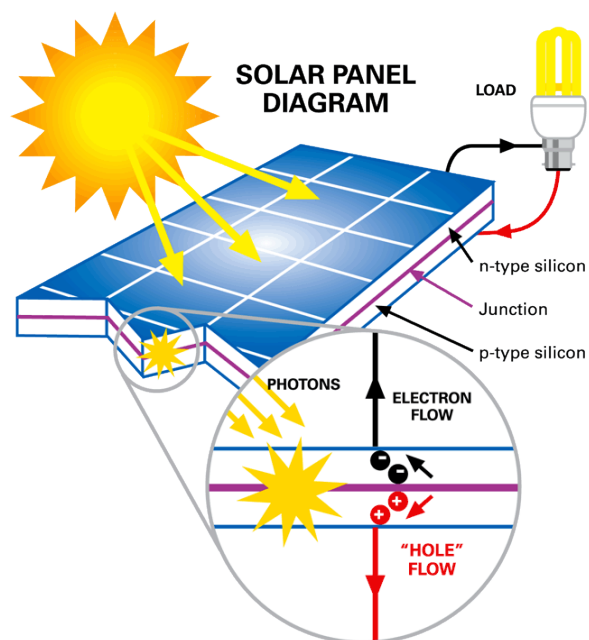


Figura 10-Funcionamento de uma célula fotovoltaica. (Clem. D, 2012)

No final do processo, ilustrado na figura 10, gera-se uma tensão nos terminais da célula fotovoltaica, que se designa por tensão em circuito aberto (este parâmetro tem que constar nas especificações técnicas dos painéis fotovoltaicos). Ao ligar-se uma carga (*load*) aos terminais das células fotovoltaicas, vai gerar-se uma diferença de potencial que posteriormente vai fazer com que circule uma corrente de junção P-N. Esta corrente faz com que o número de eletrões injetados da zona P diminua, o que contribui para a inversão do campo elétrico, razão pela qual a tensão aos terminais da célula diminui à medida que aumenta a corrente. A corrente elétrica gerada está totalmente dependente da intensidade da luz incidente.

No entanto, o nível de tensão gerado pelas células fotovoltaicas não é muito grande, como tal, existe a necessidade de associar as células fotovoltaicas em série ou em paralelo, por forma a aumentar o nível de tensão e corrente.

No que diz respeito ao rendimento do processo fotovoltaico para formação de energia, este ainda é muito baixo; até há bem pouco tempo o rendimento dos painéis fotovoltaico não ultrapassava os 20%. No entanto, em 2015, a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, em conjunto com a EFACEC, desenvolveu uma tecnologia de soldadura de vidro que permite produzir painéis fotovoltaicos 1.6 vezes mais eficientes do que os construídos até agora. (Tessaro. A, Souza. S, Ricieri. R, Ferruz. Y, 2006), (Maia. A, 2015).

Os painéis fotovoltaicos propostos neste projeto já têm um rendimento superior à média, com um rendimento de 20.4% (anexo 2).

2.6.1. Modelo teórico do painel fotovoltaico, especificações técnicas

Como referido anteriormente em 2.6, o efeito fotovoltaico assemelha-se ao funcionamento de um díodo e, conseqüentemente, consegue ser aproximado a um modelo teórico matemático. Normalmente este tipo de aproximação é composta por um díodo e três parâmetros que o relacionam. Na figura 11 pode-se verificar como será aproximado o efeito fotovoltaico.

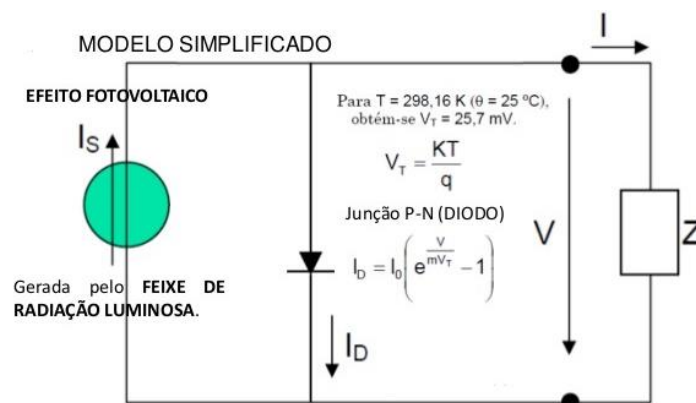


Figura 11-Modelo matemático do efeito fotovoltaico. (Ferreira. R, 2008)

I_s - Corrente gerada na célula pela incidência da luz na sua superfície

O efeito da junção P-N da célula fotovoltaica é aproximado na figura 11, por um díodo; este é atravessado por uma corrente unidirecional I_d (devido à polarização do díodo que depende da tensão V).

A corrente I_d que atravessa o díodo é obtida através dos seguintes parâmetros:

$$I_d = I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_t}} - 1 \right) \quad (1)$$

Onde:

I_0 =Corrente inversa de saturação;

V_t =Potencial térmico;

m = Fator de idealidade ($m=1 \rightarrow$ díodo ideal; $m>1 \rightarrow$ díodo real).

V_t é o potencial térmico que depende da formulação seguinte. A equação conta com três variáveis; no entanto, duas delas são constantes, previamente calculadas.

$$V_t = \frac{kT}{q} \quad (2)$$

com:

K = Constante de Boltzman (que é aproximado por $3.38 * 10^{-23}$ J/K).

T = Temperatura absoluta, medida na célula, em kelvin.

q = Carga do eletrão (que é aproximado por $1.16 * 10^{-19}$ C). (Ferreira. R, 2008)

Pode, então, concluir-se que os parâmetros que caracterizam este modelo são m, I_0 , I_s .

Ao aplicar a lei dos nós, pode-se obter a seguinte expressão:

$$I_s = I_D + I \quad (3)$$

Onde I, como se pode verificar na figura 11, é a corrente na carga:

$$I = I_s - I_D \Rightarrow I_s - I_0 \left(e^{\frac{V}{mV_t}} - 1 \right) \quad (4)$$

Se se quiser saber a tensão na carga basta apenas reescrever a equação acima, em ordem à tensão:

$$V = mV_T * \ln\left(\frac{I_s - I}{I_0} + 1\right) \quad (5)$$

Ao aplicar esta fórmula, é possível obter a tensão nos terminais da célula fotovoltaica.

Quando se consulta um catálogo de um fabricante de painéis fotovoltaicos, existe uma serie de valores que são apresentados pelo fabricante. Normalmente há dois valores que se destacam dos restantes:

- Funcionamento em curto-circuito (CC)
- Funcionamento em circuito-aberto (CA).

Estudo do funcionamento em CC

Ligam-se entre si os terminais da célula, onde surge a corrente de curto-circuito. Esta corrente é o valor máximo da corrente de carga e é igual à corrente gerada pelo efeito fotovoltaico.

- $V=0$
- $I_d = 0$
- $I=I_s = I_{cc}$

Estudo do funcionamento em CA

Como o próprio nome indica, a célula estará em vazio, a corrente não se fecha pela carga e a tensão aos terminais da célula estará no valor máximo.

$$I=0$$

$$V = V_{CA} = mV_T * \left(\frac{I_s}{I_0} + 1 \right) \quad (6)$$

Os valores de V_{ca} e I_{cc} são fornecidos pelo fabricante e foram normalizados pela norma IEC 61215 (Ed. 2 – 2005) e IEC 61646 (Ed.2 – 2008), que foram aceites por todos os fabricantes.

Foram criados as STC (*Standard Test Conditions*) (Robert, P. et Arndt, R., 2015), que não são mais que testes normalizados em condições de referência. São utilizados por todos os fabricantes de painéis fotovoltaicos para testar cada um dos seus equipamentos.

As condições de referência recriadas são:

Temperatura da célula, $\theta_r = 25^\circ\text{C} \Rightarrow T_{cr} = 298,16 \text{ K}$. (Robert, P. et Arndt, R., 2015)

Irradiância incidente na célula, $G_r = 1.000\text{W}/\text{m}^2$. (Robert, P. et Arndt, R., 2015)

Efeito de absorção pelo ar de 1,5 (AM 1,5). (Robert, P. et Arndt, R., 2015)

Estes parâmetros foram criados para que os fabricantes de painéis fotovoltaicos pudessem fornecer nos seus catálogos os seguintes dados:

- Potência máxima P_{\max} , representa a potência nominal do painel fotovoltaico.
- Tensão máxima no ponto de potência máxima U_{mp}
- Corrente no ponto de máxima potência I_{mp} ,
- Corrente de curto-circuito I_{sc} ,
- Tensão de circuito aberto V_{oc} ,
- Fator de forma (FF): é a relação entre a máxima potência que o módulo fotovoltaico realmente pode fornecer e o produto de I_{sc} : com V_{oc} . Com esta característica tem-se uma ideia da qualidade do painel. Quanto mais próximo de 1 for o valor de FF, mais potência o painel pode fornecer. Valores típicos de FF variam entre 0,7 e 0,8.
- Temperatura normal de operação, *Normal Operating Cell Temperature* (NOCT): representa a temperatura normal de operação da célula, medida com $800\text{W}/\text{m}^2$ de radiação solar incidente, temperatura ambiente de 20°C e com uma velocidade do vento de $1\text{m}/\text{s}$. (Robert, P. et Arndt, R., 2015)

2.6.2. Fatores influenciadores da produção fotovoltaica

Quando se fala de produção de energia através de painéis fotovoltaicos, intrinsecamente compreende-se que a produção desse tipo de energia não é constante. Na verdade, existe uma forte dependência de fatores externos: nebulosidade, irradiância ou até mesmo a temperatura podem definir diferentes modos de funcionamento (Pinho. J, Galdino. M, 2014).

Nos catálogos dos fabricantes existem figuras que tipicamente mostram a variação da potência fornecida pelos painéis fotovoltaicos por influência dos fatores externos. Essas figuras são designadas por *curvas I-V*.

Na figura 12 pode ser observada a curva I-V dos painéis fotovoltaicos escolhidos para este projeto (anexo 2).

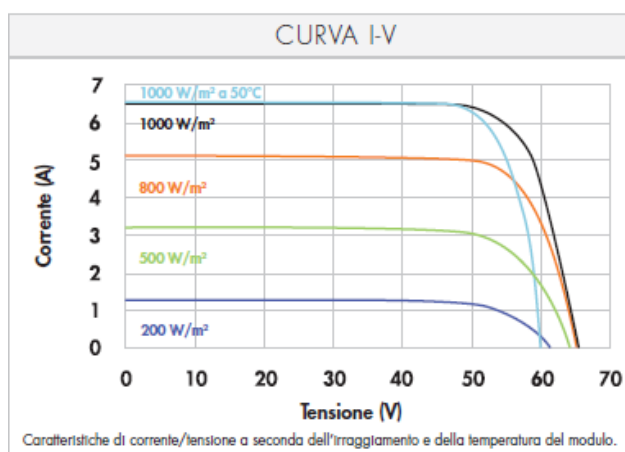


Figura 12-Variação da curva I-V com a irradiância [anexo 2].

Ao observar a figura 12, é possível verificar que:

A tensão de circuito-aberto varia com a irradiância incidente e decresce proporcionalmente com o aumento da temperatura.

A corrente de curto-circuito varia linearmente com a irradiância incidente e é praticamente insensível à variação da temperatura (Pinho. J, Galdino. M, 2014).

A corrente inversa de saturação é influenciada consoante as características do material, varia conforme a temperatura, e pode ser determinada de acordo com a equação (7):

$$I_0 = I_0^r \left(\frac{t_c}{t_c^r}\right)^3 * e^{\frac{N_S * \epsilon}{m} \left(\frac{1}{V_t^r} - \frac{1}{V_t}\right)} \quad (7)$$

Onde:

N_s = número de células ligadas em série;

ε = Hiato do semicondutor, ε silício $\cong 1.12V$.

V_t^r = potencial térmico com base nas condições de referência, 0.0257V

T_c^r = temperatura na célula com base nas condições de referência.

Da mesma forma, a corrente de curto-circuito contempla a variação da irradiância e pode ser descrita de acordo com a equação (8):

$$I_{cc} = I_{CC}^r \frac{G}{G^r} \quad (8)$$

A temperatura de trabalho da célula (em °C) também será afetada pelas condições externas e pode ser calculada pela equação (9); estes cálculos são efetuados com base na temperatura normal de funcionamento da célula (NOCT) que deverá ser dada pelo fornecedor.

$$\theta_{célula} = \theta_{ambiente} + \frac{G(NOTC)-20}{800} \quad (9)$$

Através da equação 9 é possível determinar a zona melhor temperatura de funcionamento da célula.

Tal como existe uma temperatura de melhor funcionamento, também existe um Ponto de Potência Máxima (*Maximum Power Point* - MPP), que é o ponto de interseção da curva característica da célula fotovoltaica (I-V) e o ponto de potência máxima, definindo um ponto ótimo de funcionamento. De modo a definir este ponto, são geradas as seguintes grandezas, P_{mpp} ; I_{mpp} ; U_{mpp} .

Os valores de I_{mpp} e U_{mpp} variam de acordo com as especificidades dos fabricantes e tipicamente tomam os seguintes valores:

I_{cc} – é aproximadamente 5 a 15% maior que I_{mpp} . (Pinho. J, Galdino. M, 2014), (Manual.G.T.E.S. F, 2004)

U_{mpp} – encontra-se entre o ponto médio do U_{OC} (tensão de circuito aberto), este valor pode variar de acordo com o tipo de material da célula (cristalina ou amorfa). (Pinho. J, Galdino. M, 2014), (Manual.G.T.E.S. F, 2004)

O MPP determina-se através da variação do I em função do U ou vice-versa, esta variação é efetuada através de algoritmos de programação, essa programação está baseada na fórmula da potência elétrica em CC ($P = I \cdot V$) e normalmente está implantada nos inversores. Na figura 13 pode-se verificar a forma como é determinado o MPP. (Pinho. J, Galdino. M, 2014), (Manual.G.T.E.S. F, 2004).

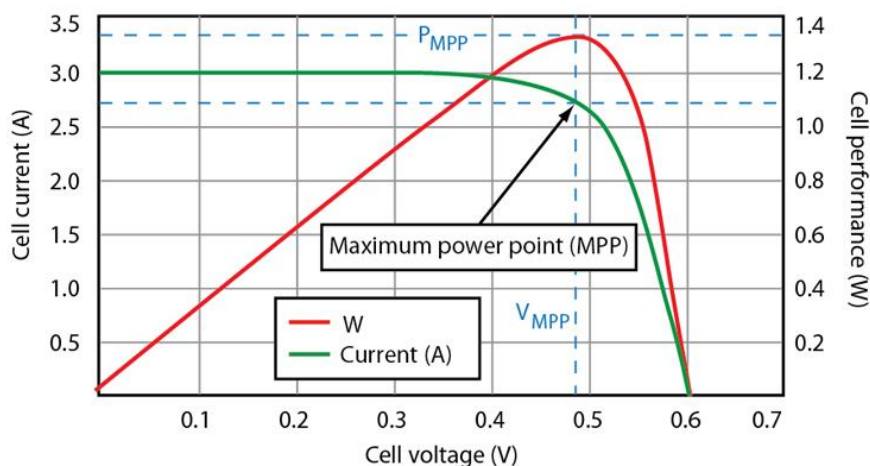


Figura 13-Determinação do ponto máximo de funcionamento (MPP) (Davis. S, 2011).

Após a interpretação dos dados referidos anteriormente, estão reunidas as condições para se executar a escolha dos componentes a utilizar no presente projeto.

2.7. Escolha dos Painéis fotovoltaicos

Para determinar quais os painéis fotovoltaicos que melhor se enquadram no local de estudo, foi efetuada uma pesquisa bastante aprofundada. Inicialmente começou-se por reunir uma lista das principais empresas produtoras de painéis fotovoltaicos. Para isso foram consultados artigos como. (McCarter. A, 2016), (Portal energia, 2015), (Gifford. J, 2016), (SEAI, undated).

Da consulta dos artigos referidos, resultou uma convicção: o comercializador *Sunpower* seria um dos fabricantes que mais certezas poderia dar à instalação e que melhor se enquadrava no presente estudo de caso. Por conseguinte, passou-se a analisar a gama de soluções que a *Sunpower* teria para oferecer.

Existem duas gamas distintas produzidas pela *Sunpower*, a *X-Series Solar Panels*, (*X-Series*, 2016) e a *E-Series Solar Panels* (*E-Series*, 2016). Depois de avaliadas as características das duas gamas de painéis, tonou-se claro que existem algumas especificidades em cada uma das gamas, que são bastante díspares. Como tal, procedeu-se a uma comparação tendo como objetivo determinar qual a série que melhor se poderia enquadrar (figura 14 e figura 15).

Eficiência	21%, mais ao fim de 25 anos ²	20%, mais ao fim de 25 anos ³	X
Potência [W]	320	345	X
Variação da potência [%]	(0,+5)	(-3,+5)	E
Média de eficiência do painel [%]	19.9	20.3	X
Tensão máxima do painel [V]	54.3	57.3	X
Corrente máxima no painel [A]	5.86	6.02	X
Tensão em circuito aberto [V]	64.9	68.2	X
Corrente de Curto circuito [A]	6.46	6.39	E
Tensão máxima do circuito [V]	1000	1000	=
Coefficiente de temperatura da potência [W/C°]%	-0.38	-0.30	X
Coefficiente de temperatura com a Tensão [mV/ C°]%	-176.6	-167.4	X
Coefficiente de temperatura com a corrente [mA/ C°]%	3.5	3.5	=
Temperatura de funcionamento [C°]	-40,+85	-40,+85	=
Classe	A	A+	X
Tipo de Células	Monocrystalline Maxeon Gen II	Monocrystalline Maxeon Gen III	X
Vidro	Vidro temperado de alta transição de temperatura, antirreflexo	Vidro temperado de alta transição de temperatura, antirreflexo	=

Figura 14- Comparação entre painéis

Dimensões			
Largura [mm]	1046	1046	=
Altura [mm]	1558	1558	=
Profundidade[mm]	46	46	=
Peso [Kg]	18.6	18.6	=
PVP [€]	496.03	675	E

Figura 15-Comparação entre painéis, dimensões,

As especificações técnicas podem ser consultadas no anexo 2. Quanto ao PVP (preço de venda a público), pode sofrer alterações devido a impostos adicionais ou outras variações.

Legenda:

X -> serie X

E -> serie E

2.7.1. Conclusão e escolha dos painéis fotovoltaicos

² Typically, 8–10% more energy per watt, BEW/DNV Engineering “SunPower Yield Report,” Jan 2013. ³ SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel. Campeau, Z. et al. “SunPower Module Degradation Rate,” SunPower white paper, Feb 2013; Jordan, Dirk “SunPower Test Report,” NREL, Q1-2015

³ SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel. Campeau, Z. et al. “SunPower Module Degradation Rate,” SunPower white paper, Feb 2013; Jordan, Dirk “SunPower Test Report,” NREL, Q1-2015.

Dado que as grandes diferenças entre os painéis assentam sobretudo na potência (a série X pode ter uma variação de -3%, o que significa que se houver essa variação o painel pode estar apenas a produzir 334.65W), na tensão e na intensidade, e se o espaço de colocação dos painéis não for limitado, é válido que o utilizador possa optar pela série E, visto que se trata de uma gama de painéis bastante equilibrada.

Importa referir que a série E tem uma diferença de PVP em cada painel algo significativa (174€), o que, numa instalação de 50 módulos, se traduz numa diferença orçamental na ordem dos 8.700€.

No entanto, há que frisar que a série X tem melhores parâmetros técnicos e utiliza uma tecnologia pioneira nas células fotovoltaicas “*Monocrystalline Maxeon Gen III*”, que tem uma menor degradação às intempéries metrológicas o que, por conseguinte, faz com que os painéis desta série tenham um melhor rendimento ao longo dos anos.

2.8. Inversores para sistemas fotovoltaicos

Os inversores têm a finalidade de transformar uma corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA). Para isso, modelam a forma de onda de entrada. São utilizados, sobretudo, quando se quer alimentar uma carga CA através de uma fonte. Os módulos fotovoltaicos geram tensão sob a CC (2.6). Essa tensão, para poder ser injetada na rede ou consumida na carga, no entanto, necessita de ser transformada em CA. Em 2.4, quadro 1, é possível verificar as tarifas e os vários tipos de sistema fotovoltaicos existentes. Para um sistema estar ligado à RESP é necessário um inversor que servirá para adequar as características da energia gerada pelos módulos às características da RESP. (Manual.G.T.E.S. F, 2004)

Os inversores têm como principais características as seguintes:

- MPP. determinação do MPP do sistema, esta função pode ser verificada em 2.6.2., figura 13- Determinação do ponto máximo de funcionamento (MPP).
- Converter a corrente: esta função converte a CC gerada pelos painéis fotovoltaicos em CA, para posteriormente ser injetada na RESP, ou na carga.
- Proteção e isolamento: O inversor deve desligar o conjunto de painéis fotovoltaicos da rede. Caso os níveis de corrente, tensão e frequência não estejam dentro dos parâmetros aceitáveis, esta função opera de igual modo do lado da CC, quando do lado de ligação à RESP, sendo deste modo assegurada a harmonia de toda a rede.

- Relatório e informação: Grande parte dos inversores presentes no mercado dispõem de um *display* (painel de informação) que dá ao utilizador a possibilidade de obter informações dos parâmetros de entrada e saída da rede. Podem ser registadas grandezas elétricas como a tensão CC e CA, corrente CC e CA, potência CA, energia CA diária. (Manual.G.T.E.S. F, 2004)

2.8.1. Escolha dos inversores

Após a seleção dos painéis fotovoltaicos, é necessário escolher os inversores que melhor se enquadram, de modo a adquirir-se um conjunto que tenha um alto rendimento.

Tal como na escolha dos painéis fotovoltaicos, também a escolha dos inversores teve por base informação recolhida em artigos científicos (Osvaldo L, S. Pereira e Felipe F, 2008), (Carneiro. J, 2009). Apesar de a escolha não ser tão evidente como a dos painéis fotovoltaicos, da pesquisa sobressaiu um tipo de inversor, do fabricante Alemão, SMA SOLAR, que é um dos fabricantes com maior mercado a nível mundial. Como tal, começou-se a destrinçar a melhor a gama de componentes que a SMA SOLAR teria para oferecer. Rapidamente se chegou à gama *Tripower*, mais especificamente ao *Sunny Tripower 25000TL* (anexo 3). Este inversor é preparado para grandes sistemas fotovoltaicos que podem ser utilizados tanto na área comercial como industrial, atingindo uma eficiência de 98.4% se se trabalhar no MPP.

No entanto, houve uma função primordial que levou à escolha dos inversores acima referidos, designada por *Integrated Plant Control*. Basicamente, esta permite ao inversor executar, sozinho, uma regulação da potência reativa entre o ponto de ligação à rede e o ponto de ligação à carga. Com esta característica, deixa de ser necessário um regulador de carga.

Por forma a desenhar um sistema robusto e estável, recorreu-se a outros dois equipamentos da SMA SOLAR que, sendo equipamentos da mesma fabricante que os inversores, não apresentam problemas de compatibilidades; o *SMA DC Combiner box*, equipamento este faz a ligação série ou paralelo entre os painéis fotovoltaicos, e o *SMA IM-10 Inverter Manager*, permite fazer a interligação entre os três inversores selecionados, de forma a aumentar a potência de saída.

2.9. Esquema de ligação

Após realizada a escolha de todos os componentes do sistema, ficaram reunidos todos os fatores para se idealizar o esquema de ligação do sistema. Este terá os seguintes elementos preponderantes:

- *SunPower E-Series*
- *SMA DC Combiner box*
- *Sunny Tripower 25000TL*
- *SMA IM-10 Inverter Manager*
- Posto de abastecimento rápido.

Na figura 16, pode-se verificar o diagrama de blocos do modo como será efetuada a ligação dos componentes.

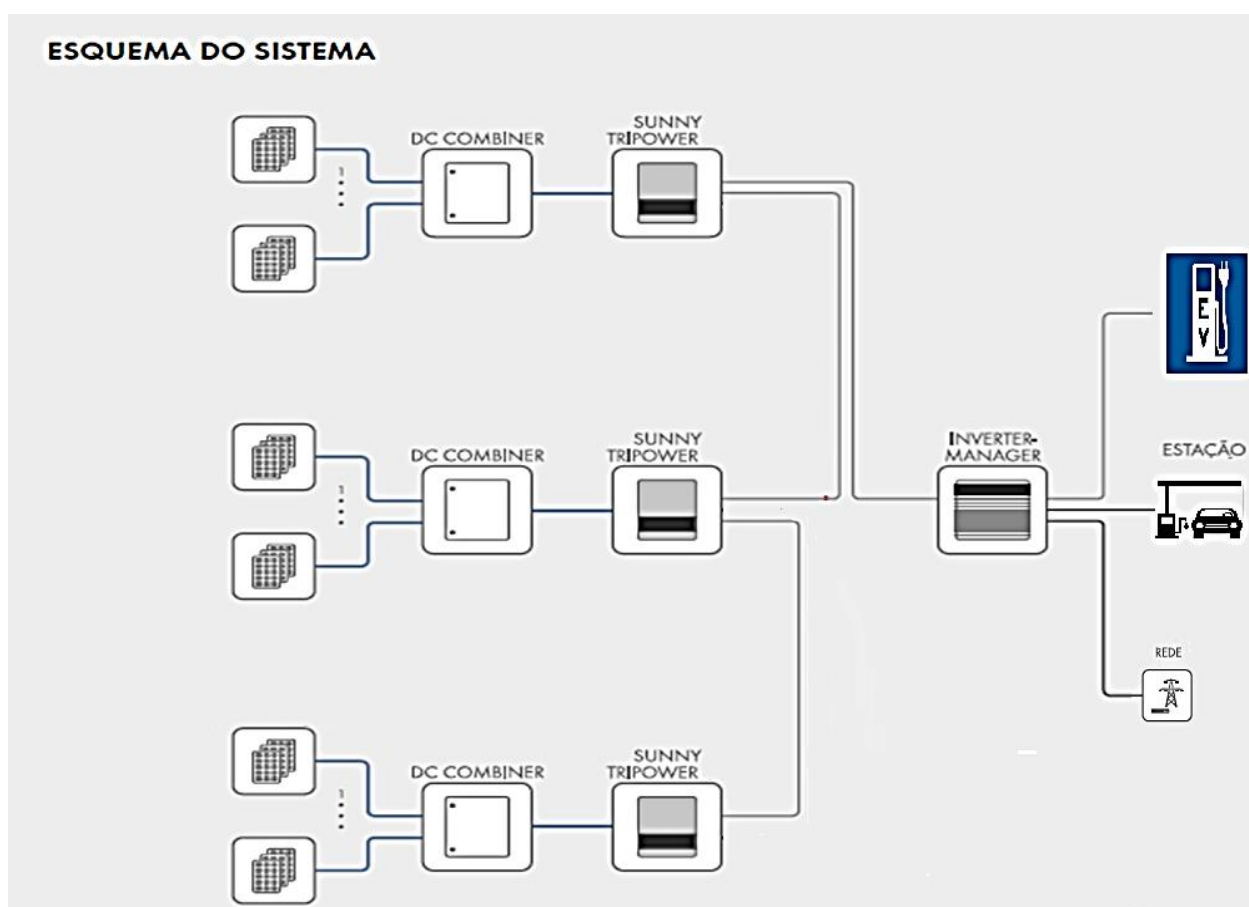


Figura 16-Esquema de ligação do sistema.

Capítulo 3 - Veículos elétricos

A invenção do VE, não pode ser atribuída a uma única pessoa, no entanto, Ányos Jedlik foi um dos impulsionadores desse grande ideal. Por volta de 1828 Ányos Jedlik começou a desenhar os primeiros protótipos com um motor elétrico, que ele próprio tinha desenvolvido. Surgiu, assim, o que se pensa ser o primeiro veículo elétrico da história. Loveday. E, (2016)

No final do século IX, o VE já fazia parte do quotidiano de muitas pessoas nos EUA e na Europa. Estes tipos de veículos tornaram-se muito populares, devido às inúmeras vantagens que poderiam trazer para os utilizadores (não necessitavam de mudanças, eram silenciosos e tinham uma quase ausência de vibração). No início do século XX existia um total de 2370 automóveis em Nova Iorque, Chicago e Boston. Desses automóveis, 800 eram elétricos, 400 eram a gasolina e os restantes 1170 eram automóveis a vapor. (Loveday.E, 2016), (História.VE 2009)

Também no início do século XX, Henry Ford e outros construtores de automóveis surgiram com veículos a CI, que atingiam maiores velocidades, eram mais estéticos e sobretudo com a possibilidade de não estarem limitados a uma pequena autonomia. Posteriormente, Henry Ford criou também a produção de veículos em serie, que reduziu substancialmente o preço dos veículos e possibilitou que muitas famílias tivessem o seu próprio automóvel. (Biography Editors 2014). Por essa razão, os VE quase desapareceram do quotidiano das pessoas, tornando-se quase inexistentes.

Nos finais do século XX a poluição atmosférica era grande e começava a representar uma maior preocupação para os ambientalistas. Na figura 17 pode-se observar a evolução do aumento das emissões de carbono, a nível mundial, provocado pela queima dos combustíveis fósseis. (Biography Editors 2014).

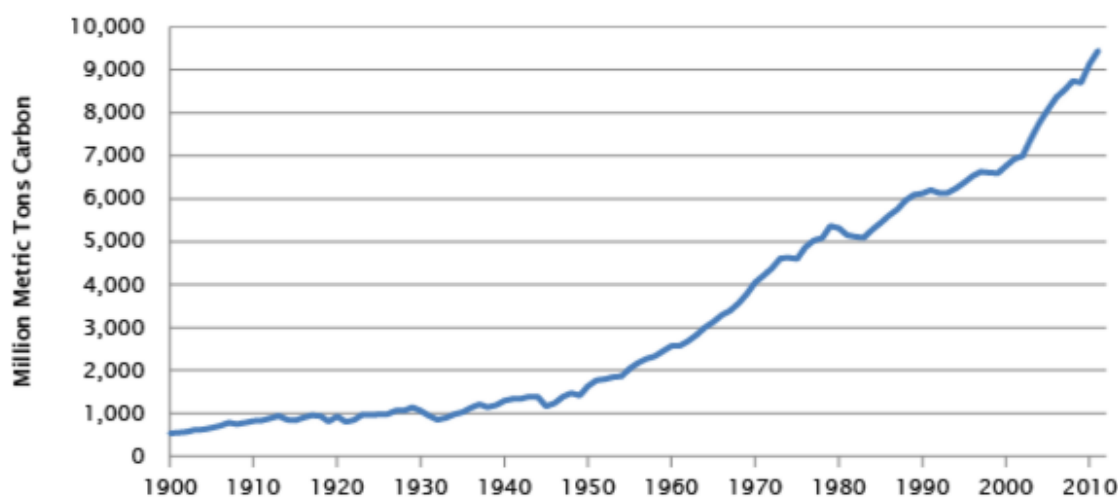


Figura 17-Aumento das emissões de carbono, a nível mundial, provocado pela queima dos combustíveis fósseis. (U.S.department of energy 2014)

Importa referir que, a partir de 1950, as emissões tiveram um aumento quase exponencial, chegando a 9.000 toneladas no final de 2010. O problema das emissões de carbono transforma-se, portanto, numa questão incontornável, o que obrigou à necessidade de repensar o modo como as pessoas se transportam.

Assim, retomou-se o investimento nos VE, promovendo novos conceitos de veículos elétricos. Em 1996 a GM (*General Motors*) introduzia no mercado norte-americano o primeiro VE moderno, o EV1. Este modelo foi produzido e comercializado entre 1996 e 2000, sendo a sua produção interrompida subitamente, tendo sido recolhidos e destruídos quase todos os EV1 existentes. Os que não foram destruídos acabaram por ser doados pela GM a universidades e polos de investigação (EV1, 2013). No entanto, a história do VE não parou por aqui.

Em 2003 foi fundada a *Tesla Motors*, a maior marca de VE a nível mundial, e que veio implementar novas políticas a nível do VE, proporcionando uma maior divulgação e utilização destes veículos. Deste modo, o VE voltou a fazer parte do nosso quotidiano. (Tesla Motors, 2016).

3.1. Tipos de veículos elétricos

Com o aparecimento do conceito da mobilidade elétrica, surgiram também novos ideais como o veículo híbrido (VH) o veículo híbrido *plug-in* (VHP) e o veículo elétrico (VE). São essencialmente nestes 3 conceitos que se divide a atual mobilidade elétrica. Todos estes ideais têm um elo que os une, que é o facto de, em qualquer um destes tipos de veículos, existir um motor de propulsão elétrica. No entanto, existem características técnicas que fazem com que estes veículos sejam distintos uns dos outros.

3.1.1. Veículos Híbridos (VH)

Os veículos híbridos são em tudo iguais aos veículos de combustão interna normal, no entanto, têm um Motor Elétrico (ME) que está ligado a baterias.

O veículo híbrido, por regra, inicia sempre a marcha com o motor elétrico, o que leva o carro até uma velocidade estável, altura em que o motor a combustão interna irá ser agregado ao elétrico, através de um componente designado por *Power Split Device*⁴. Importa referir que a maior parte da potência advém do motor a Combustão Interna (CI). Sendo assim, o ME serve apenas como auxílio, tendo funções bastante específicas, como a entrada em funcionamento quando é necessário um acréscimo de potência, nas acelerações, nas passagens de caixa, ou nos arranques. (Emadi. A, 2014), (Iqbal. H, 2010)

⁴ Trata-se de uma espécie de transmissão continuamente variável. (Emadi. A 2014), (Iqbal. H, 2010)

Este tipo de tecnologia torna o veículo muito mais eficiente, em termos de consumos de combustível, fazendo com que o VH necessite de menos combustível para fazer a mesma distância em quilómetros.

3.1.2. Veículos Híbridos Plug-in (VHP)

O sistema *plug-in* para veículos híbridos é equipado com um motor de CI e um ME, sendo que o grupo propulsor maior é o ME. Dependendo da situação de condução em que o veículo se encontra, este é impulsionado pelo motor de CI, pelo ME, ou por uma combinação simultânea de ambos. Os VHP podem ser colocados a carregar as baterias se ligados diretamente de uma tomada normal de 230V. A bateria de íons de lítio que alimenta o ME aumenta a autonomia do veículo em modo elétrico, proporcionando uma diminuição do consumo de combustível e da respetiva emissão de CO₂, em mais de 50%. Por vezes este tipo de veículos também está equipado com sistema de travagem regenerativo, o que faz com que o veículo possa recarregar as baterias, aproveitando a energia que advém da travagem. (Emadi. A, 2014), (Iqbal. H, 2010)

3.1.3. Veículo Totalmente Elétrico (VE)

Ao contrário do VH ou VHP, a circulação do VE depende unicamente de um grupo propulsor elétrico, alimentado por baterias recarregáveis, que o faz movimentar. Deste modo, o VE depende apenas do ME para se movimentar, o que faz com que este tipo de veículos não utilize nenhum tipo de fonte de energia proveniente de combustíveis fósseis.

Os carros elétricos são inicialmente projetados como veículos movidos a gásóleo ou gasolina (ditos normais) e, posteriormente, são adaptados com um grupo propulsor elétrico.

Num VE essencialmente podem-se encontrar os seguintes componentes:

- Motor

O motor é dos elementos mais fulcrais do veículo, pois este componente transforma energia elétrica em energia cinética. (Emadi. A, 2014), (Iqbal. H, 2010)

- Conversor

Não é mais que um potenciómetro que está diretamente ligado ao acelerador. Regula a velocidade a que deve rodar o motor, fazendo-lhe variar a tensão. (Emadi. A, 2014), (Iqbal. H, 2010)

- Baterias

É neste componente que é armazenada toda a energia que depois é fornecida ao veículo. Existem essencialmente três tipos de baterias: de íons de lítio, de

níquel-hidretos metálicos e baterias de chumbo-ácido. (Emadi. A, 2014), (Iqbal. H, 2010).

O funcionamento básico do VE é o seguinte:

O veio recebe energia cinética que vem do ME, sendo que, anteriormente, o ME já recebeu energia que advém do conversor que, por sua vez, obtém a energia no grupo de baterias.

A figura 18 representa esquematicamente esta construção.

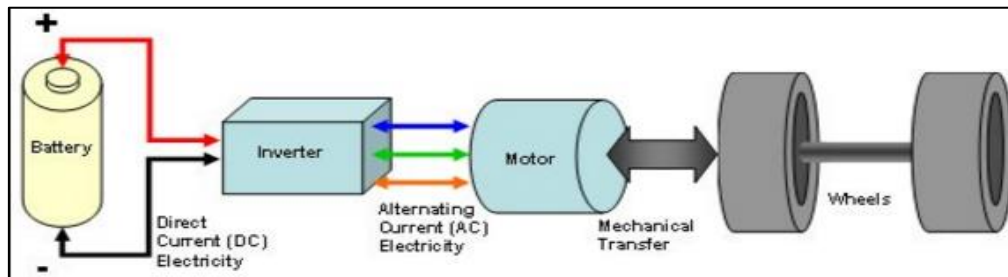


Figura 18-Diagrama de blocos do funcionamento do veículo elétrico (U.S.department of energy, 2014 b)

A figura 19 pretende, de outra forma, mostrar o mesmo tipo de esquema.

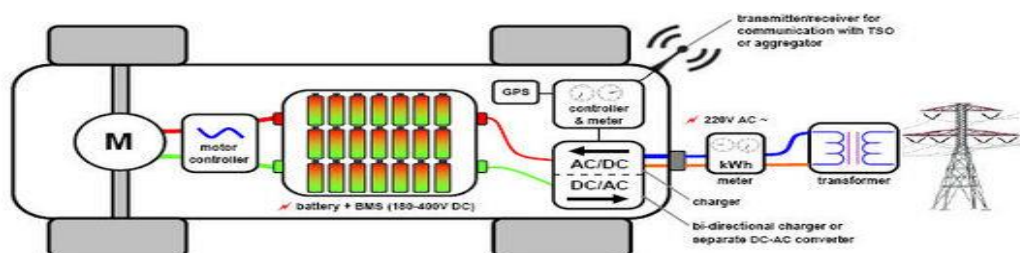


Figura 19-Funcionamento do veículo elétrico. (Shukla. A, 2009)

3.2. Posto de carregamento

Atualmente ainda existe algum desconhecimento, por parte do público, dos vários tipos de carregamentos e carregadores existentes no mercado. De modo a colmatar essa lacuna, serão abordados, no presente capítulo, os modos de carregamento e tipos de tomadas existentes.

Com o intuito de tornar este projeto exequível, será também realizada uma escolha dos componentes que deste podem fazer parte. Nesta alínea, serão também enquadradas as bases teóricas dos diversos componentes, a escolha dos devidos elementos. No final, é mostrada uma representação de como será elaborada a ligação dos diversos componentes.

Este projeto propõe juntar um posto de carregamento rápido de veículos elétricos com uma alimentação de energia elétrica proveniente de uma fonte de energia renovável. Esta conjugação poderá vir a transformar a mobilidade elétrica tal como se conhece, visto que propõe um *lifecycle* para a mobilidade totalmente “verde”, diminuindo o impacto ambiental do meio de transporte utilizado.

Para colocar em prática esta teoria, serão necessários alguns equipamentos fulcrais, dado que a fonte de energia, para uma estação de serviço/posto de carregamento rápido, é proveniente do sol. Serão necessários os seguintes equipamentos:

- Painéis fotovoltaicos
- Box combinadora, dos painéis fotovoltaicos
- Inversores
- Box combinadora, dos inversores
- Suportes de painéis tipo estacionamento
- Posto de abastecimento rápido.

3.3. Tipos de carregamento de veículos elétricos

Os VE estão cada vez mais em voga no nosso quotidiano, todos os anos se obtêm novos *records* quanto à venda de VE. No entanto estes, necessitam de postos de carregamento elétrico para se movimentar.

Atualmente, o grupo dos veículos que utilizam eletricidade como combustível está subdividido da seguinte maneira (figura 20 e figura 21):

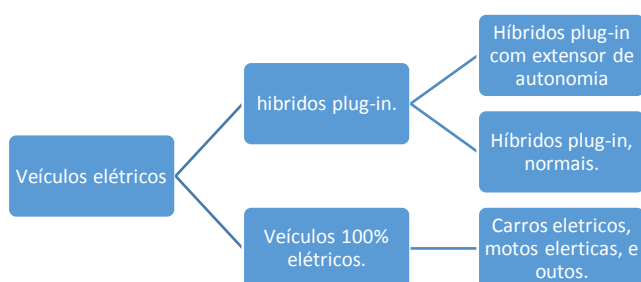


Figura 20-Subdivisão dos tipos de VE.

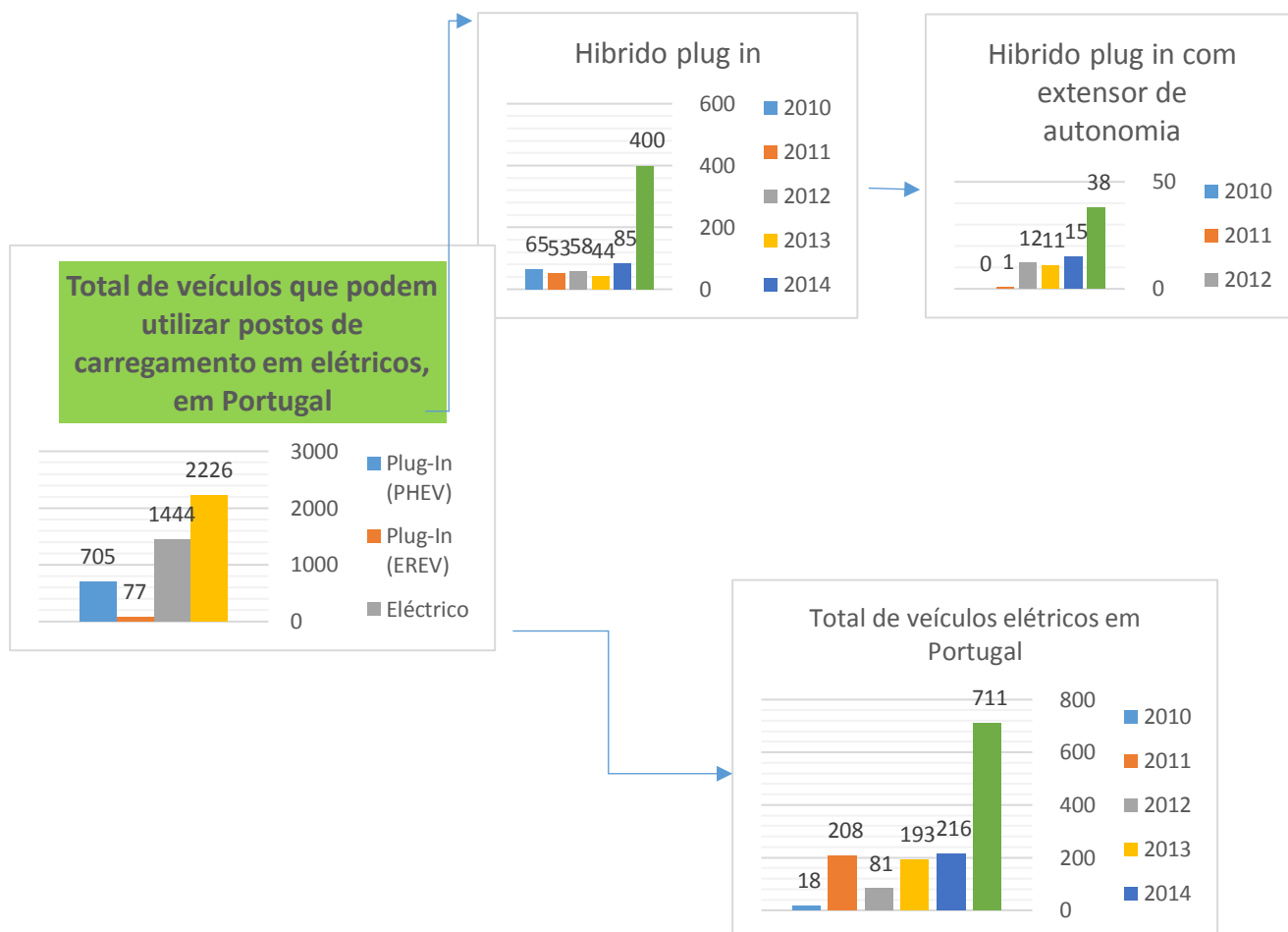


Figura 21-Vendas de VE, VH e VHP por ano [Anexo 9]

Observando o gráfico da figura 21, conclui-se que, em Portugal continental, em 5 anos, aumentaram bastante as vendas de VE, atingindo-se o valor de 2.226 veículos vendidos (excluindo veículos importados), tornando-se necessário normalizar os modos de carregamento dos VE.

Tal como existem subcategorias no que toca aos VE, também o carregamento dos VE é efetuado de diferentes formas, estando divididos em modos. A norma EN 61851-1:2011 é a norma europeia que normaliza os 4 modos de carregamento de VE.

Segundo a norma (EN 61851-1, 2011), a ligação do VE à instalação pode ser efetuada utilizando um dos seguintes modos de carga:

- **Modo de carga 1**

Ligação do VE por meio de tomadas normalizadas de corrente estipulada não superior a 16 A e de tensão estipulada não superior a 250 V, para circuitos monofásicos, ou a 480 V, em circuitos trifásicos. O circuito de alimentação é constituído por condutores de fase, neutro e de proteção. (CTE, 2015), (LugenErgy, 2016), (SGORME, 2011)

- **Modo de carga 2**

Ligação do VE por meio de tomadas normalizadas de corrente estipulada não superior a 32 A e de tensão estipulada não superior a 250 V, para circuitos monofásicos, ou a 480 V, em circuitos trifásicos. O circuito de alimentação é constituído por condutores de fase, neutro e de proteção com uma função piloto, e com um sistema de proteção das pessoas contra os choques elétricos por meio de um dispositivo diferencial (DR) localizado entre o VE e a ficha ou na caixa de controlo integrada no cabo. (CTE, 2015), (LugenErgy, 2016), (SGORME, 2011)

- **Modo de carga 3**

Ligação direta do VE à instalação elétrica por meio de um SAVE (Sistema de alimentação de Veículos Elétricos) dedicado, onde a função piloto se estende aos aparelhos de controlo localizados no interior do SAVE, que são permanentemente alimentados pela instalação elétrica. (CTE, 2015), (LugenErgy, 2016), (SGORME, 2011)

- **Modo de carga 4**

O Modo 4 é o modo por carregamento indireto, ou seja, é um carregador externo que fornece corrente diretamente para a bateria do carro. O Modo 4 tem também a funcionalidade de Piloto de Controlo⁵. A Norma em utilização para o Modo 4 é proveniente de uma associação Japonesa de nome *CHAdeMO*. Esta norma está a ser usada pelos mais 50 pontos de carregamento rápido instalados em todo o país e será a norma utilizada na instalação deste projeto. (Mobi.E, 2010)

O Ponto de carregamento é constituído por um armário (estrutura do posto) e um cabo preso ao armário. Durante o carregamento é o veículo que controla o tempo de carga, os níveis de potência exigidos, através de uma comunicação no cabo. Desse modo, não há perigo de o carregador injetar corrente de forma exagerada para o veículo, prevenindo potenciais danos nas baterias. (CTE, 2015), (LugenErgy, 2016), (SGORME, 2011).

3.3.1. Carregamento normal

Inicialmente, apenas existia um único modo de carregamento, que hoje é designado como “Carregamento normal”.

Além da autonomia dos VE ser um dos parâmetros limitadores para a sua aceitação, existe ainda outro grande restringimento, que se prende com o facto de algumas baterias que equipam os VE terem limitações técnicas, o que os impedem de ser carregados de forma rápida. Basicamente não toleram os níveis de corrente a que os postos de carregamento

⁵ A possibilidade de a tomada estar sempre sem alimentação quando não está em utilização, através da monitorização do circuito de “piloto de controlo” presente em algumas tomadas de carregamento. Esta possibilidade pode também empregar no modo 3.

rápido os podem sujeitar. Este tipo de limitação varia de veículo para veículo. No entanto, os fabricantes de VE aperceberam-se desta limitação e adaptaram-se, de modo a que os VE mais modernos já estejam equipados com possibilidade de carregamento rápido.

Este nível de carregamento está integrado nos modos 1,2,3.

No carregamento designado normal, podem encontrar-se bastantes níveis de alimentação e várias tomadas terminais para os VE. Estes têm de estar de acordo com a norma europeia/portuguesa EN/NP61851 (EN 61851-1, 2011) – Sistema de carga condutiva para veículos elétricos (2003), revista em dezembro de 2010.

Na figura 22 podem ser observados os vários terminais e níveis de alimentação a que o VE pode estar sujeito, se for carregado pelo modo 1,2,3.

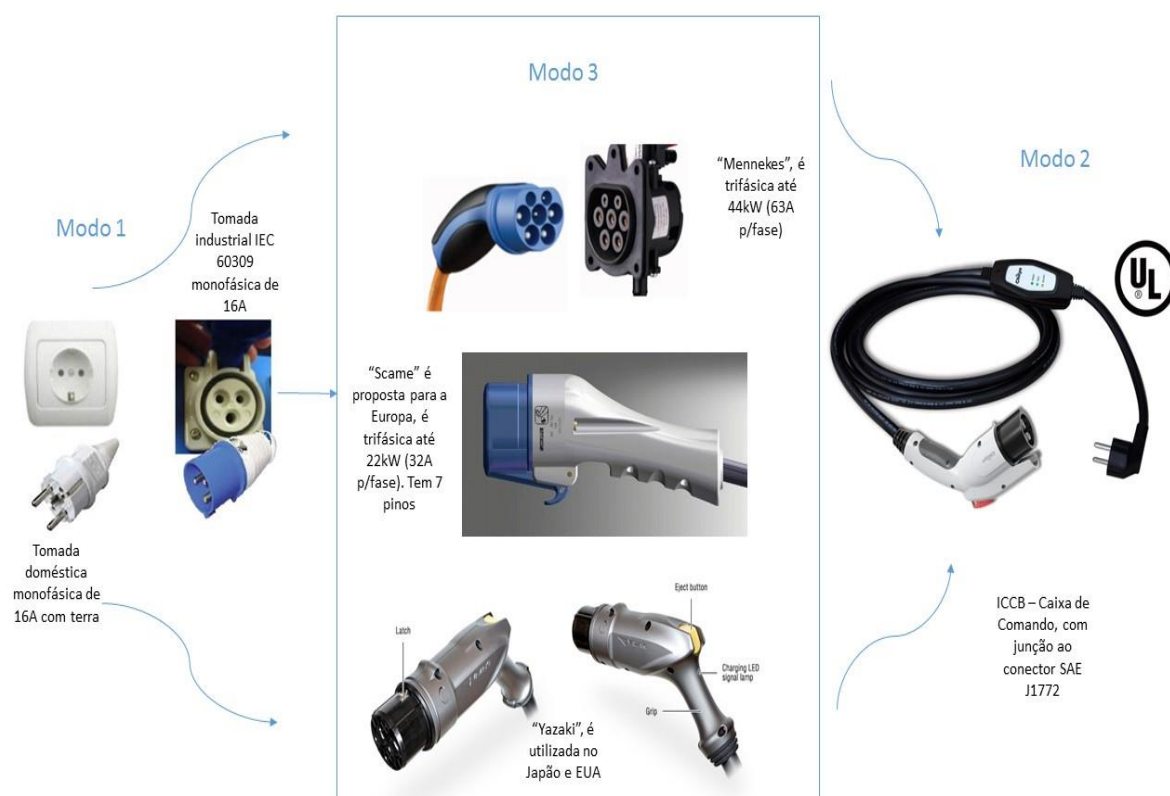


Figura 22-Tipos de tomadas disponíveis para o carregamento normal.

Dependendo do modo que se está a utilizar, do tipo de VE, ou do até mesmo do tipo de terminais com que se está a carregar, o carregamento pode variar entre de 6 a 8 horas para formalizar uma carga total. (CTE, 2015), (LugenErgy, 2016), (SGORME, 2011)

3.3.2. Carregamento rápido

Com o grande sucesso dos VE no mundo, estes tiveram uma crescente evolução exponencial e repentina. À medida que os VE iam evoluindo, também os postos de carregamento seguiam essa tendência. Deste modo, as empresas de produção de postos

de carregamento, em conjunto com as empresas de fabrico do ramo automóvel, criaram o “Posto de carregamento rápido”.

O carregamento do VE tem por base vários fatores. São eles:

- Níveis de tensão (V), corrente (I), potência (P)
- Níveis de intensidade máxima suportada pelas barreiras presentes nos VE
- Tipos de fichas de conexão utilizadas.

Dado que as baterias dos VE podem ter limitações técnicas no que toca à admissão de níveis mais altos de corrente elétrica (I), os investigadores debruçam-se essencialmente sobre os outros aspetos (níveis de tensão, tipo de fichas de conexão).

Assim surgiu o “*CHAdeMO association and protocol*”, que é um protocolo que envolve os restantes parâmetros presentes no carregamento do VE, e tem por objetivo criar uma forma de carregamento rápida e uniformizada. (CHAdeMO, 2016)

3.3.2.1. Tomada *CHAdeMO*

A associação CHAdeMO surgiu da necessidade de se criar uma uniformidade no carregamento dos VE.

Em 2004/2005, existia uma grande variedade de tipo de tomadas terminais e tipos de carregadores de VE, o que se tornava um problema bastante grande para as construtoras de VE.

Em 2005, os representantes de várias marcas ligadas à mobilidade elétrica reuniram-se, tendo como objetivo a uniformização do carregamento do VE, surgindo o “*CHAdeMO association and protocol*”. Atualmente este protocolo conta com mais de 340 membros, onde se incluem os maiores representantes da indústria dos VE. (CHAdeMO, 2016)

A “*CHAdeMO association and protocol*” foca-se essencialmente em reinventar o carregamento automóvel tal como o conhecemos. Para isso, foram abordados os seguintes temas:

- Segurança

Ao criar um nível de carregamento rápido, a *CHAdeMO association* teve um cuidado adicional com o nível da segurança, pois com um escalão de potência tão elevado é necessário que a segurança do utilizador seja um parâmetro crucial.

- Aplicação no futuro

Através da *Smart Grid-ready*⁶, a *CHAdEMO association* desenvolveu uma capacidade de carga bidirecional, que tem como objetivo adaptar-se a qualquer tipo de exigências que estejam presentes no local da instalação.

- Fácil aplicação

Este protocolo foi também pensado para que qualquer utilizador o possa utilizar, sem ser restrito a uma faixa etária específica ou que seja necessário algum tipo de formação adicional. Foi também ponderada uma forma para este poder ser implantado em todos dos países, podendo assim formar-se uma rede capaz de suprir as necessidades dos utilizadores a nível mundial.

- Uniformidade

Um dos grandes problemas no que toca ao carregamento de VE tem que ver com a falta de uniformização de fichas de carregamento/componentes técnicos. O “*CHAdEMO association and protocol*” propõe uma ligação única entre todos esses componentes, por forma a dar um carregamento igual em qualquer parte do globo.

O Parlamento Europeu depressa se apercebeu do impacto positivo que o VE poderia ter na economia e rapidamente colocou em curso o plano de promoção do VE para a Europa, como pode ser consultado mais detalhadamente no ponto 2.5, “Energia verde”. Além de perceber as inúmeras vantagens que os VE teriam, também se associou ao “*CHAdEMO protocol*”, originando uma rede de postos de carregamento uniformemente espalhados por toda a Europa. Atualmente, só na Europa podem-se contar com cerca de 3.028 postos de carregamento rápido compatíveis com o protocolo “*CHAdEMO*”, dos quais apenas 21 estão presentes em Portugal, conforme se pode verificar na figura 23. (CHAdEMO, 2016)

⁶ Possibilidade de criar um equilíbrio entre as necessidades da RESP e as necessidades exigidas no carregamento.

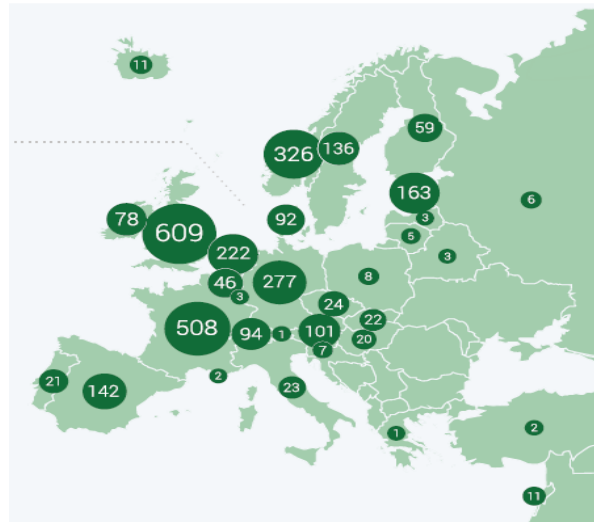


Figura 23-Postos de carregamento com o protocolo CHAdeMO na Europa.
(CHAdeMO, 2016 b)

O carregador *CHAdeMO* foi projetado tendo em conta a segurança do utilizador, evitando danificar a bateria e prevenindo falhas de carregamento. Para isso, possui uma ficha de ligação ao VE, que está subdividida em 10 pinos de ligação, onde cada um desempenha uma função específica (figura 24). (CHAdeMO, 2016 b)

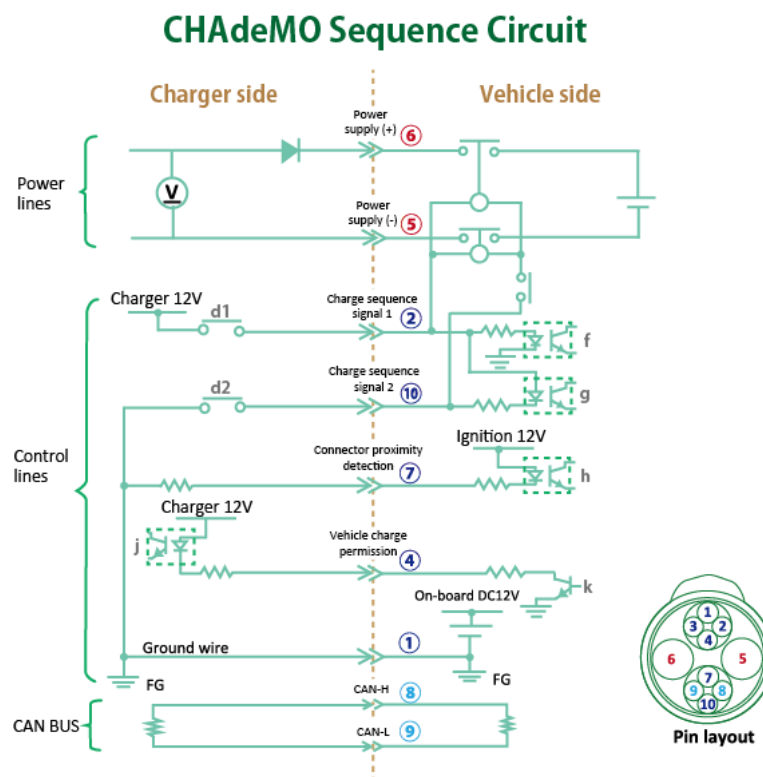


Figura 24-Esquema de ligações da tomada CHAdeMO. (CHAdeMO, 2016 c)

Na figura 24, pode-se verificar o esquema da tomada *CHAdemo*, que é constituída por 10 pinos de ligação ao recetor, sendo os pinos 5 e 6 os mais importantes. Estes destinam-se ao carregamento e são designados por *Power lines*; os pinos 1,2,4,7, e 10 são pinos de controlo e é neles que estão definidas funções como os sinais de carregamento, sinal de detetor de proximidade ou até mesmo sinal de ligação à carga.

Já os barramentos 8 e 9 são designados por *can bus*. Avaliam o estado de carga e verificam se o VE já se encontra carregado, de forma a adaptar os níveis de potência a que a carga está sujeita. (CHAdemo, 2016 c)

Tipicamente, este tipo de carregadores permite obter cerca de 80% da carga máxima da bateria dos VE, num intervalo de tempo compreendido entre 15 e 30 minutos. Para conseguir efetuar a carga, é utilizada uma tomada terminal do tipo *CHAdemo* que fornece à carga de 50 kW de potência em CC e alta tensão, habitualmente com valores de 500 V de tensão e 125A de corrente. Significa que, se se tiver como carga uma bateria de 16 kWh, consegue-se efetuar a carga de 80% da bateria em 20 minutos. (Lenz. A, 2014)

3.3.3. Supercharger Tesla

Tal como foi referido no início do capítulo 3, existe uma empresa que está a revolucionar o mercado dos VE, que é a *tesla motors*. Esta empresa inicialmente começou a concessionar apenas VE, tendo uma política muito particular, onde desenha e produz os seus próprios componentes para os seus VE. Nos últimos tempos começou a introduzir-se no mercado dos supercarregadores. A *tesla motors* começou por criar uma rede própria de supercarregadores tendo em vista promover a utilização do VE. Após a criação de uma rede de supercarregadores, decidiu introduzir diversas aplicações nos seus VE para os promover.

Em termos técnicos, pouco se sabe sobre estes tipos de carregadores, apenas que têm uma potência máxima de funcionamento que pode chegar aos 120 kW e que a tensão de alimentação destes carregadores é de 400V/200A. Atualmente, existem cerca de 3.966 supercarregadores da tesla, que estão estrategicamente colocados em todo o mundo. (Supercharger, 2016), (Supercharger Station, 2013)

Capítulo 4 - Ferramentas computacionais aplicadas a sistemas fotovoltaicos

Neste capítulo será efetuada uma abordagem aos diversos programas de *software* e *plug-ins*, utilizados para a conceção do presente projeto. Será feita, também, uma breve descrição do funcionamento do *software* escolhido e de que forma é possível ser utilizado para a conceção do projeto.

Inicialmente foi selecionado um conjunto de pontos que pudessem servir de guião na escolha do *software* mais adequado. Depois de alguma pesquisa, foram delineados os parâmetros que o *software* deveria possuir para que se conseguissem efetuar as simulações de forma o mais exata possível. O *software* terá que ser amigável e fácil de criar um cenário o mais realista possível.

É importante ter uma vasta gama de recursos tais como:







- Arquitetura, a construção do modelo
- Engenharia
- *Design* de exteriores
- Iluminação
- Arquitetura paisagista
- Vasta biblioteca de produtos fotovoltaicos
- Acesso a bases de dados metrológicos, com um bom grau de coerência
- Capacidade de análise de sistemas fotovoltaicos
- Proporcionar rápidos resultados, com o respetivo relatório
- Fidedigno e bastante consolidado no mercado.

Depois de uma numerosa pesquisa e uma vasta análise de *software* presentes no mercado, a escolha recaiu essencialmente sobre três programas.

Como é possível ter a perceção através do quadro 2, e tendo em consideração os pontos atrás referidos, a conclusão é a de que o programa de *software SketchUp Pro* seria o que melhor respondia aos requisitos. Por essa razão, a escolha incidiu sobre o *SketchUp Pro* 16.0.19911 para o presente caso.

Este *software* contém centenas de *Plug-in* e programas adicionais, que podem ser adaptados às necessidades dos clientes, tendo bastante versatilidade, pois pode ir desde um projeto de desenho e cálculo estrutural até um projeto de implementação de painéis fotovoltaicos. (SketchUp Pro, 2016)

Quadro 2-Comparação entre *software*.

PVSOL advanced 6.0	SketchUp Pro 16.0.19911	Solterm5.1
 <ul style="list-style-type: none"> •+ Representação real do sombreamento presente no local. •+Representação real em 3D. •+ Cálculo de rendimentos. •+ Estudo de vários sistemas de painéis fotovoltaicos •+ Software fácil e interativo de trabalhar.  <ul style="list-style-type: none"> •- Representação 3D pouco precisa. •- Gama restrita de painéis fototáticos. •- Software apenas recetivo a programas da mesma família. •-Não acolhe ficheiros .dwg (Cad) 	 <ul style="list-style-type: none"> •+ Representação real do sombreamento presente no local, com base no Google Maps. •+ Representação 3D real e com recurso de várias ferramentas •+ Inclusão de vários plug-ins •+ Software fácil e interativo de trabalhar, •+ Bastante informação de vários utilizadores disponível on-line, •+ Milhares de modelos 3D numa biblioteca online, •+ Transformação de modelos em documentos para impressão, •+ Exportação e importação de ficheiros PDF, imagens ou ficheiros CAD, •+ Plug-ins especializados em sistemas fotolíticos,  <ul style="list-style-type: none"> •- Software muito exigente a nível de hardware, •- Requer alguns conhecimentos de informática. 	 <ul style="list-style-type: none"> •+ Programa especialmente comedido para as condições climáticas de Portugal. •+Balanço enegético de edifícios no contexto de SCE (Sistema Certificação Energética dos Edifícios). •+ Banco meteórico de referencia, •+ Programa totalmente em português, •+ Software fácil e interativo de trabalhar.  <ul style="list-style-type: none"> •- Sem representação do real do sombreamento presente no local •- Sem representação 3D . •- Pouca informação disponível online •-Informação restrita, •- Não suporta ficheiros CAD ou PNG •-Algo antiquado, •-Biblioteca de painéis fotovoltaicos restrita.

4.1. SketchUp Pro

Inicialmente o *SketchUp Pro* apresenta-se como um programa de desenho em 3D. É conhecido por proporcionar uma maneira mais intuitiva de projetar, documentar e comunicar as ideias em 3D (Extension Warehouse, 2016). É um *software* dinâmico que pode ser moldado às exigências de cada utilizador. Existe a possibilidade de utilizar 432 extensões dos quais podem resultar mais de 5.000.000 *downloads*. (Extension Warehouse, 2016)

O *SketchUp* exhibe-se como sendo de bastante fácil leitura e compreensão, onde o utilizador tem ao seu dispor alguns menus considerados essenciais ao funcionamento do programa. É através desses menus que o utilizador irá começar a dar forma ao seu projeto.

Desse modo, o primeiro passo para começar a reproduzir o modelo 3D foi importar e ajustar o ficheiro AutoCAD DWG da estação de serviço de Vagos [Anexo 1]. O ficheiro

DWG teve de ser enquadrado com os eixos X, Y, Z tal como se pode verificar na figura 25. Assim, numa fase posterior, quando for necessário dar volume ao projeto, é possível ter a certeza de que todo o esquema está na escala pretendida.

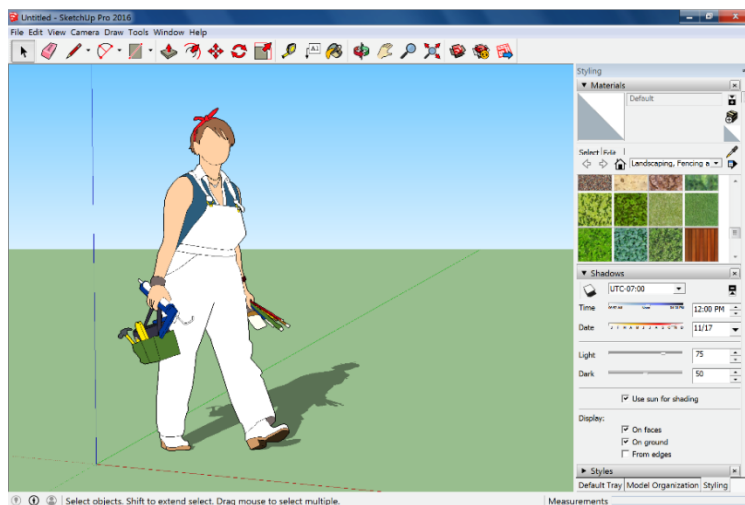


Figura 25-Menu inicial *SketchUp*.

Depois de carregado todo o ficheiro DWG, chega-se a uma das fases mais importantes para manter a credibilidade de todo o projeto, que é o de colocar as coordenadas GPS e a respetiva geolocalização (figura 26).

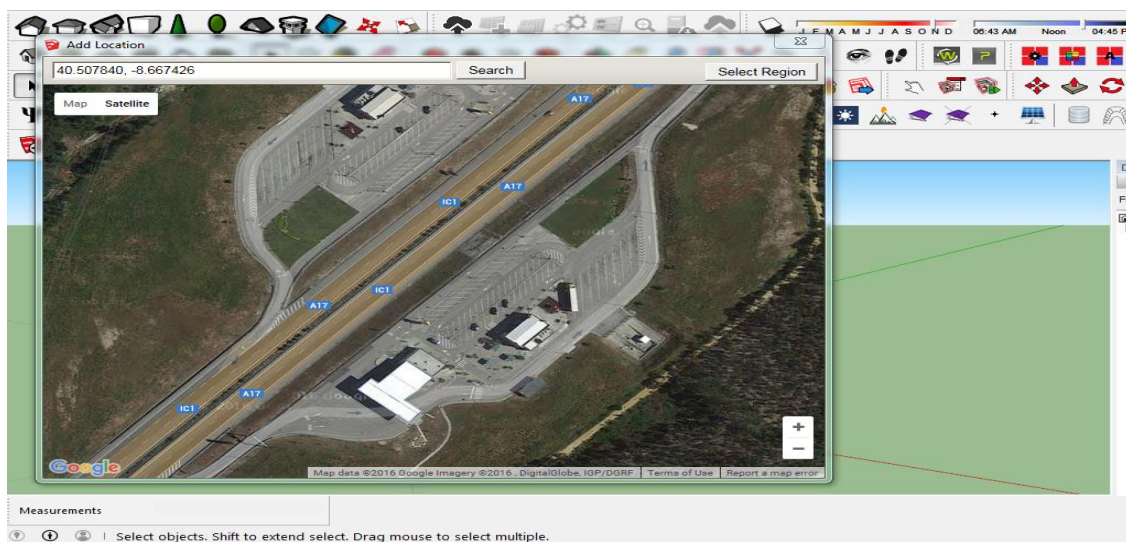


Figura 26-Add location *SketchUp* – estação de serviço de Vagos.

Este passo irá servir como base de todo o projeto. A colocação das referidas coordenadas correlaciona o *SketchUp* com uma base de dados dinâmica do *google maps*. Este exercício permite ao utilizador, através das coordenadas GPS, fazer a pesquisa exata do local de estudo. Seguidamente, terá que se sobrepôr o ficheiro DWG à localização do local, pois esta função é que torna a simulação mais realista.

Após a conclusão dos passos atrás referidos, estão reunidas as condições necessárias para compor um projeto.

Como referido anteriormente, o *SketchUp* é um programa bastante versátil, que dispõe de bastantes ferramentas de desenho estrutural. Existem diferentes formas de abordar um projeto desenvolvido com este *software*, dependendo do tipo de detalhe que o utilizador pretenda. Pode-se utilizar um “modelo pré-definido”, a *warehouse* (Extension Warehouse, 2016), ou construir o seu próprio modelo, delineando-o.

A *warehouse* é uma biblioteca de modelos 3D que podem ser aplicados no *SketchUp*, os quais são desenvolvidos pelos utilizadores deste programa, que posteriormente são disponibilizados de forma gratuita aos utilizadores. Estes modelos são normalmente com bastante definição estrutural e podem ser adaptados/editados. Assim, após essa edição, o utilizador poderá publicar o seu modelo adaptado na *warehouse* (figura 27).

Se por outro lado o utilizador optar por conceber o seu próprio modelo, terá de usar a função *Lines* presente nas *Tools* do *SketchUp*. Esta função dará a possibilidade ao utilizador de contornar todas as linhas do ficheiro DWG, formando uma matriz que, posteriormente, poderá proporcionar volume através da função *Push/Pull*.

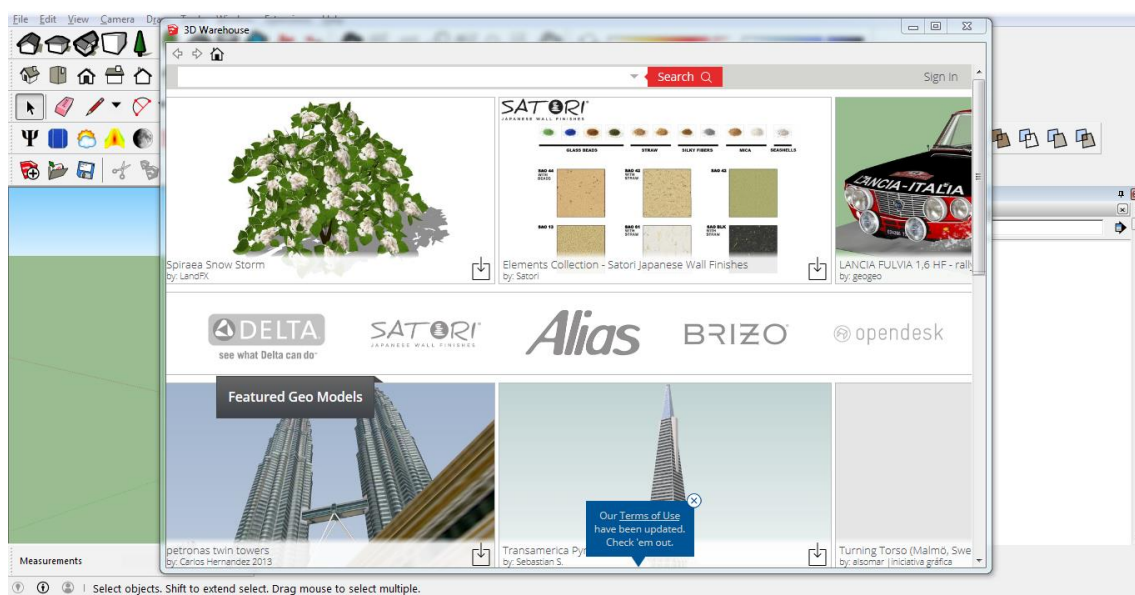


Figura 27- SketchUp 3d warehouse.

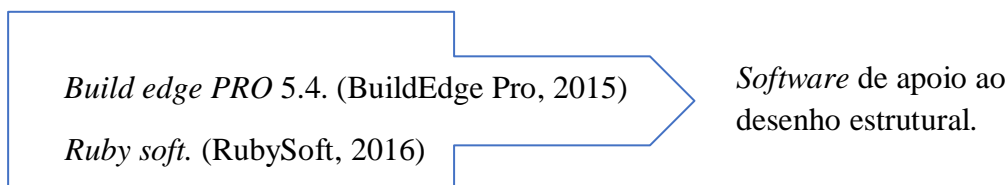
Uma das grandes dificuldades ao trabalhar com este tipo de programas prende-se com o fato de, à medida que se vai avançando no projeto, este tende a ficar mais “pesado computacionalmente” e consequentemente moroso.

Desse modo, convém não exagerar na utilização dos modelos existentes na *warehouse*, dado que os modelos lá presentes são para ser tratados individualmente, onde cada um é um único projeto. Caso se pretenda trabalhar vários modelos da *warehouse*, num único projeto, correr-se-á o risco de o projeto exigir muito do *hardware* do utilizador.

Existe ainda outra singularidade bastante interessante no *SketchUp*, que é a *extensions SketchUp* (Extension Warehouse, 2016). Esta função funciona como uma *store* do *SketchUp*, é uma singularidade que faz com que o *SketchUp* passe de um *software* de desenho 3D, para um *software* mais completo e adaptável às mais diversas áreas.

Selecionando a hiperligação *Categorias*, no *extensions SketchUp*, é-se encaminhado para uma lista de *software* adicionais que podem ser adaptadas ao programa base (*SketchUp*). Importa referir que grande parte destes *softwares* são pagos, visto serem desenvolvidos por outras empresas que não a Trimble (empresa detentora dos direitos do *SketchUp*). (Trimble 2016).

Inicialmente, nas primeiras experiências realizadas no *SketchUp*, verificou-se que as ferramentas disponibilizadas pelo *software* não seriam suficientes para se poder reproduzir o processo com algum grau de rigor. Tal facto resultou na adição de dois *softwares*, tendo como objetivo o auxílio na criação de infraestruturas.



Build edge PRO 5.4

Este programa foi adicionado ao *SketchUp*, após se terem verificado algumas dificuldades na construção de edifícios. O *Buildedge PRO* adiciona uma biblioteca de menus ao *SketchUp*, que permitirá que sejam inseridas portas, paredes ou andares de edifícios sem que seja necessário utilizar a função *Lines*, já referida anteriormente. Estas opções têm medidas pré-estabelecidas. No entanto, vários parâmetros podem ser alterados, como, por exemplo, o tamanho dos componentes, ou o tipo (exterior ou interior).

Na figura 28 pode-se verificar a aparência do menu inicial do *Buildedge PRO* e a forma como se podem alterar as características no *Buildedge PRO*.

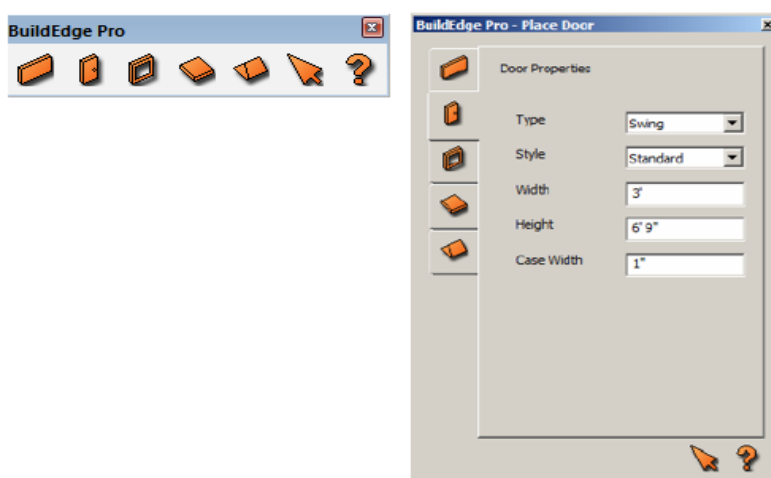


Figura 28- Menu de opções do *Buildedge PRO*. (Keymark Enterprises, undated)

Ruby soft

O *Ruby soft* foi adicionado após se verificar um défice de características nos menus do *SketchUp*, tal como sucedeu com o *Builddedge PRO*. O *Ruby soft* é um programa unicamente dedicado à colocação de transparências (janelas, vidros ou portas). Da mesma forma que o *Builddedge*, o *Ruby soft* também adiciona uma nova biblioteca de menus ao *SketchUp*. Estas funções demonstraram-se bastante úteis, visto colocarem ao dispor do utilizador uma opção de verificação do modo como a luz solar incide dentro de qualquer edifício. É possível também alterar o tipo de transparência que se coloca. Estas opções podem ir desde espessuras de vidros (cor e tipo de material) até à formatação das portas.

Através da figura 29 é possível verificar o menu inicial do *Ruby soft* e um exemplo dos vários tipos de transparências que podem ser colocadas no projeto.

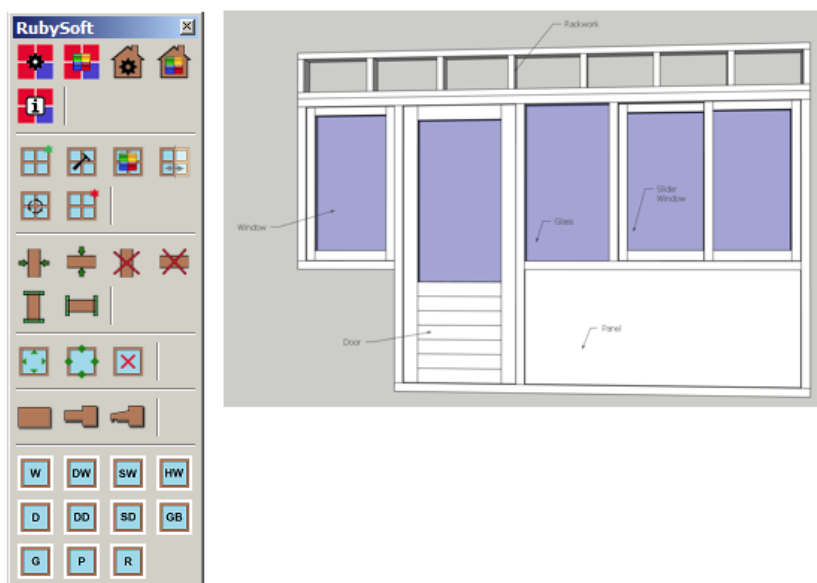


Figura 29- Menu de opções do *Ruby soft*. (Rubysoft EC-Manual. 2016)

Os programas adicionais, *BUILDEGE PRO 5.4* e *Ruby soft*, são ambos programas de utilização gratuita que podem ser adicionados ao *SketchUp*. Requerem, no entanto, um registo prévio.

4.2. Skelion-pro Vs. Archelios-pro

Inicialmente foram definidos quais os conjuntos de parâmetros que cada programa deveria ter para que se pudesse fazer uma simulação com o máximo de credibilidade:

- Localização do projeto com *Google Maps*
- Base de dados meteorológica mundial
- Cálculo automático do obstáculo longínquo

- Base de dados material incluindo (painéis fotovoltaicos inversores, módulos, baterias)
- Visualização da irradiação por painel
- Visualização 3D do projeto
- Cálculo das curvas I-V
- Cálculo das perdas devidas aos sombreamentos e obstáculos próximos
- Colocação de sistemas autônomos
- Estudo de autoconsumo
- Publicação de relatório em PDF
- Interligação com outros programas de cálculo e simulação
- Possibilidade que acrescentar componentes à base de dados do material
- Simples e intuitivo.

Depois de definidos todos estes parâmetros para a realização do projeto, iniciou-se uma pesquisa sobre qual seria o programa que melhor se adequava às necessidades, previamente definidas.

Importa referir que existem 274 programas adicionais só na categoria Engenharia do *SketchUp* (Extension Warehouse, 2016), o que pode tornar bastante morosa a pesquisa. Tal facto força ainda mais o utilizador a estabelecer previamente uma lista de prioridades, para saber qual a extensão a utilizar.

Para poder obter resultados na simulação de painéis fotovoltaicos, foram pesquisados e estudados os *softwares* de montagem *Skelion-pro* e *Archelios-pro*. São ambos programas de extensão do *SketchUp*, e de utilização paga, sendo, portanto, de difícil acesso a um utilizador individual.

Estas duas plataformas são ferramentas bastante úteis quando se pretende fazer um projeto de cálculo de viabilidade de um sistema fotovoltaico. Apesar de ambas estarem vocacionadas para o mesmo fim, acabam por ser bastante díspares no que toca ao manuseamento e tratamento de dados.

O *Archelios-pro* é um programa bastante desenvolvido com várias versões e com boa projeção de mercado. Ao longo dos anos, a *trace-software* tem aperfeiçoado imenso o seu programa. Atualmente, o *Archelios-pro* possui uma das maiores bases de dados, de painéis fotovoltaicos, sendo completamente dinâmica e atualizada várias vezes. Existe ainda outro facto que importa destacar, pois as versões mais recentes do *Archelios-pro* incluem uma base de dados de inversores fotovoltaicos, o que permite ao utilizador formular sistemas reais e testá-los dinamicamente, alterando diversos fatores, como tipos de painéis e ângulos de incidência.

Estas são algumas das inúmeras disparidades que existem entre os programas.

O *Skelion-pro* (Skelion pro, 2016) e o *Archelios-pro* (Archelios pro, 2016) foram os dois programas que melhor se adaptaram às necessidades exigidas. Desse modo, procedeu-se a um estudo comparativo para poder chegar à conclusão de qual o programa que melhor se adequava.

Pode-se verificar na figura 30 quais os pontos fulcrais dos programas, e qual se adapta melhor às necessidades exigidas.



Figura 30- Comparação entre *Skelion-pro* e *Archelios pro*.

A figura 30. demonstra que todos os requisitos são satisfeitos no *Archelios-pro*, o que permite concluir que é o programa mais adequado para levar a cabo as simulações de painéis fotovoltaicos. Desse modo, procedeu-se então à inclusão do *software Archelios-pro* no *SketchUp*, para poderem ser incluídos os painéis fotovoltaicos no modelo já desenvolvido e estruturar um diagrama do modelo final do presente projeto.

4.3. Estudo de caso

Este capítulo tem como intuito enquadrar o local de estudo e correlaciona-lo com as simulações e cenários pressupostos. É feita também uma abordagem do tipo de consumos da estação de serviço e quais as tarifas consideradas. Ainda neste mesmo capítulo é efetuado à posteriori o cálculo da VAL (Valor Atual Líquido), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do *Payback* de todo o investimento.

O estudo de caso é uma estação de serviço em Vagos, estrategicamente escolhida, visto tratar-se de uma estação ao longo da autoestrada de ligação Porto ↔ Lisboa, designada por A17, e, por conseguinte, uma rodovia onde, num futuro próximo, poderão circular bastantes veículos elétricos. A A17 é a autoestrada do litoral centro, que liga a Marinha Grande a Aveiro ao longo de uma extensão de 117 km, passando também junto à cidade da Figueira da Foz. Trata-se de uma autoestrada complementar à A1 e à estrada nacional 109, sendo esta considerada com muito movimento e de elevado risco rodoviário. (EN 109, 2015)

Sendo a tecnologia da via um dos parâmetros primordiais na escolha do estudo de caso, e observando-se que a A17 é uma autoestrada de última geração onde foram impostos novos padrões de exigências tecnológicas rodoviárias, esta via tornou-se ainda mais desejável para o presente estudo de caso. (Brisal, 2016)

Na autoestrada A17 foi feito o levantamento das concessionárias que estão responsáveis pela exploração das estações de serviço nesta via, concluindo-se que a maioria das estações de serviço da A17 são concessionadas pela Repsol. Constatado esse fato, a Repsol foi contactada para saber qual seria a disponibilidade para colaborar no presente projeto, através de cedência de dados respeitantes ao funcionamento da própria estação. A resposta foi positiva, demonstrando grande interesse em cooperar. Seguidamente foi estabelecido um contato com o Engenheiro Carlos Varela, responsável de construção, manutenção e SQMA (Segurança, Qualidade e Meio Ambiente) da rede de Estações de Serviço da Repsol. Foi então realizada uma reunião com o Engenheiro Varela, que teve como propósito explicar quais os objetivos do projeto e qual a colaboração que seria solicitada à Repsol.

Os objetivos indicados nessa reunião foram os seguintes:

- Estudo do tipo de radiação solar existente no local
- Avaliação do local mais favorável para a colocação de painéis fotovoltaicos
- Estudo do melhor local para a colocação do posto de carregamento rápido
- Análise das normas e decretos-lei existentes para a regulamentação da instalação
- Enquadramento regulamentar de acordo com as normas/decretos-lei
- Análise dos consumos energéticos da estação de serviço
- Estudo da possibilidade de autoconsumo com recurso à utilização de painéis fotovoltaicos
- Criação de um modelo 3D da estação de serviço da concessionada pela Repsol com vista ao estudo real das várias hipóteses possíveis
- Cálculo da despesa total da instalação
- Cálculo do VAL, TIR e *Payback*
- Avaliação e conclusões

- Trabalhos futuros.

Após a apresentação dos objetivos acima referidos, foram colocadas algumas questões pertinentes para o presente estudo de caso, como:

- Qual o valor da potência contratada?

Todas as estações de serviço da Repsol enquadram-se num regime de média tensão (MT)

- Quais as principais dificuldades técnicas que uma estação de serviço pode ter, ao incluir um posto de abastecimento rápido nas suas instalações?

A principal dificuldade técnica prende-se com a simultaneidade do transformador instalado na estação. Visto que um posto de abastecimento rápido exige níveis de tensão e corrente muito grandes, é necessário aumentar a potência, o que poderá conduzir à possível troca do transformador instalado na estação de serviço.

Após os necessários esclarecimentos, ficou acordado que estavam reunidas as condições para se iniciar o estudo do projeto da estação de serviço na autoestrada A17, Nó de Ponte de Vagos - Nascente - 3840 - 553 VAGOS, Localidade→ Vagos, Distrito de Aveiro, código postal N° 3840-553 (figura 31).



Figura 31-Entrada do local de estudo. (Google maps, 2016)

4.4. Local de estudo

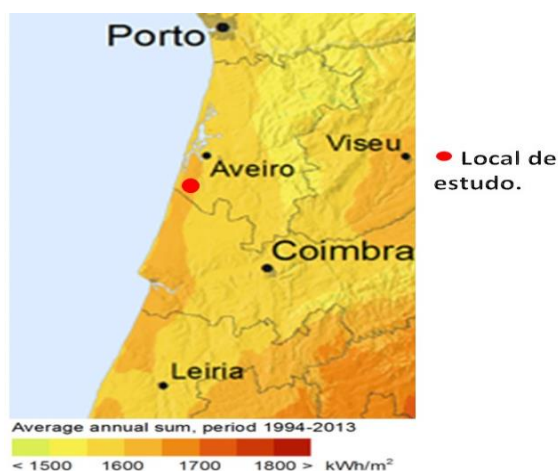


Figura 32-Irradiação no local de estudo. (SolarGIS, 2015 b)

Através da figura 32 é possível verificar que o local de estudo escolhido não é um dos locais com maior irradiação solar em Portugal Continental, sendo a média anual de irradiação no local de estudo de cerca de 1.700 kWh/m².

Os valores de irradiação variam ao longo do ano, devido ao trajeto do sol e ao posicionamento Portugal continental no globo (figura 33). Existem também outros fatores que influenciam o tipo de radiação incidente num determinado local. Esses fatores já foram averiguados mais pormenorizadamente em 2.2.



Figura 33-Trajeto do Sol durante as estações do ano. (Freitas. E, 2016)

Foi feito um pequeno estudo sobre o tipo de irradiação existente no local.

Como mencionado em 4.2, adicionou-se o *Archelios-pro* ao *SketchUp* e este, desde cedo, evidenciou a extrema facilidade e intuição com que é possível trabalhar. No entanto, após efetuado o estudo da irradiância e já com grande parte do projeto estruturado, a licença de utilização temporária do programa de extensão *Archelios-pro* findou.

Foi contactada a empresa responsável pelo *Archelios-pro*, com o intuito de saber se seria possível adquirir uma licença de utilização temporária, ou uma licença de utilização de estudante. A única resposta que se obteve da parte *Trace-software* foi com o intuito de dar a conhecer/vender o *Archelios-pro* ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (I.S.E.C).

Após esse incidente, foi necessário refazer grande parte do trabalho desenvolvido até então, o que fez com que a evolução do projeto abrandasse circunstancialmente.

Foram então desenvolvidos esforços no sentido substituir o *Archelios-pro* pelo *Skelion-pro* ou outro programa de extensão para *SketchUp* referido em 4.2.

Por forma a evitar passar pelo mesmo tipo de constrangimento relatado anteriormente, foi enviado antecipadamente um *email* para a o centro de contactos do *Skelion*, expondo a situação, de que tratava um aluno do I.S.E.C, que estaria a realizar um projeto de mestrado e que, para poder conseguir concluir o projeto, seria essencial a colaboração da equipa do *Skelion* com uma licença de utilização, temporária ou de estudante. Rapidamente a equipa do centro de contactos do *Skelion* respondeu com um número e uma chave de utilização para que se pudesse usufruir plenamente de todas as funções que este *plug-in* tem para oferecer.

Importa referir que a mudança para este programa de extensão, levou ao aparecimento de diversas desvantagens e um esforço adicional para a realização do projeto, visto tratar-se de um programa com menos funções, tal como se pode verificar na figura 30, capítulo 4.2.

Desse modo, acabou por ser utilizado o *Skelion-pro* para a realização do presente estudo.

No caso do presente projeto, uns dos objetivos principais consiste na reprodução, com todo o rigor e realismo, de um modelo 3D do local escolhido. Para isso, foi necessário efetuar um estudo da irradiância presente no local.

Já depois de adicionado o *Skelion-pro* ao *SketchUp*, procurou-se uma forma de o programa *Skelion-pro* poder realizar um estudo da irradiância existente no local.

Essa pesquisa levou à descoberta de uma base de dados meteorológica mundial, hiperligada ao *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS). Com essa funcionalidade conseguiu-se obter a o gráfico da figura 34 onde se pode observar os vários tipos de irradiação existentes no local.

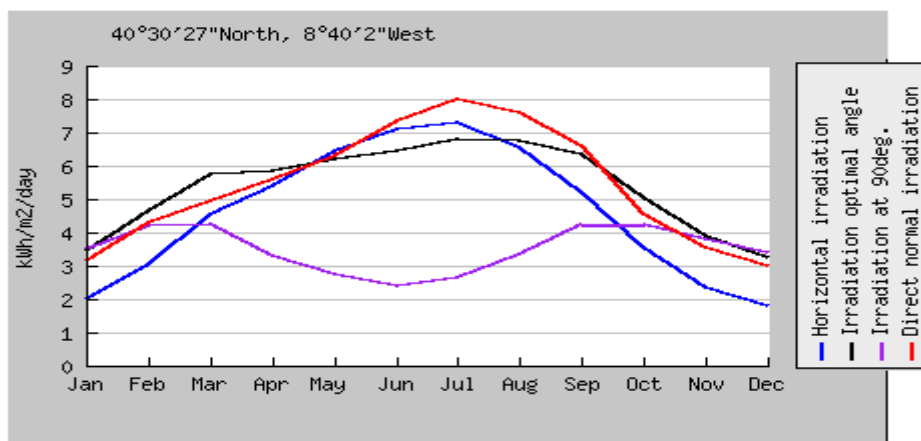


Figura 34-Irradiação no local de estudo [anexo 4]

Ao observar o gráfico da figura 34 constata-se que a irradiação direta tem mais potencial energético por m^2 e atinge o seu pico máximo em julho com o valor de $8.000 \text{ Wh/m}^2/\text{dia}$.

Com o auxílio da base de dados meteorológica do *Skelion-pro*, foi também efetuado um estudo de qual seria o sistema de painéis fotovoltaicos que melhor se enquadrava no local de estudo. Um sistema de painéis rotacionais ou painéis seguidores têm sempre maiores níveis de irradiação do que um sistema fixo. No entanto, e após a visita ao local de estudo, concluiu-se que um sistema rotacional não se enquadraria bem nos parâmetros arquitetónicos da estação de serviço, dado que possui áreas de construção previamente estabelecidas. Como tal, optou-se por um sistema fixo de duas abas: uma aba colocada a 0° de inclinação e outra a $23, 37^\circ$.

A diferença dos níveis de irradiação de um sistema fixo para um sistema rotacional podem ser verificados no gráfico da figura 35, sendo que o máximo para um sistema fixo é atingido em julho, e é de $212 \text{ kWh/m}^2/\text{mês}$, enquanto um sistema rotacional no mesmo local atinge o valor máximo de $235 \text{ kWh/m}^2/\text{mês}$.

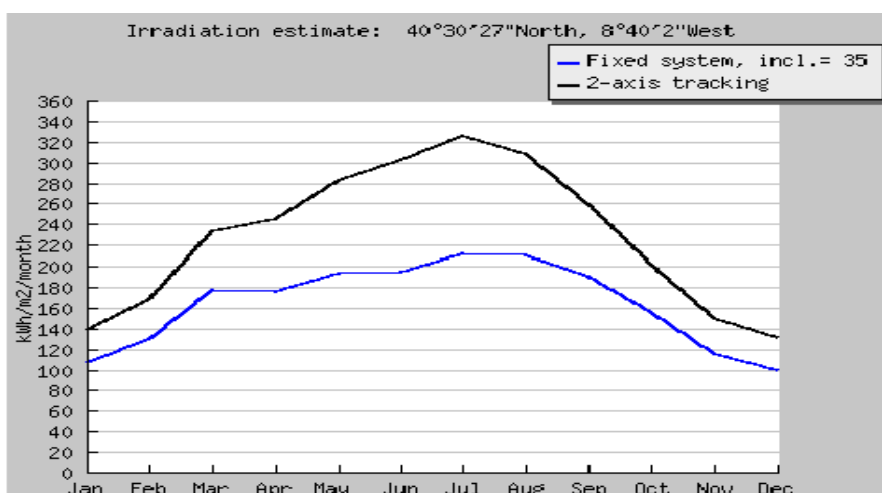


Figura 35-Irradiância no local painel seguidor Vs. painel imóvel [anexo 5].

4.5. Caracterização da estação

Como referido no inicialmente, o caso de estudo é a estação de serviço situada na A17, pertencente à localidade de Vagos.

Por forma a formar uma base fidedigna do modelo desenvolvido, foi solicitado à Repsol que cedesse o projeto em AutoCad da estação de serviço, o qual foi gentilmente cedido.

Foram, então, efetuados os passos referidos em 4.1, de modo a recriar uma base sólida e bem concebida. O processo foi bastante moroso, requerendo um estudo aprofundado de todas as funcionalidades do *SketchUp* e seus programas auxiliares. Através da figura 36 é possível verificar a evolução do modelo em *SketchUp*.

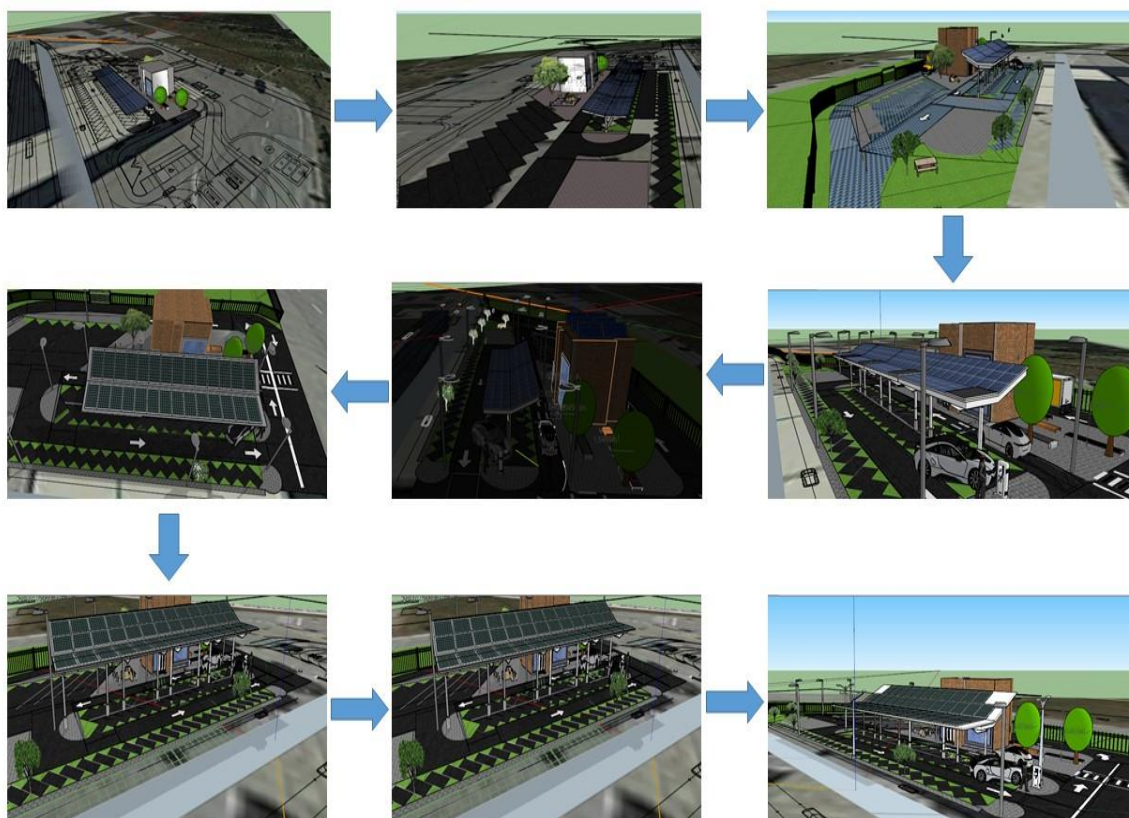


Figura 36-Print screen da evolução do modelo.

Tendo em conta a figura 36, pode-se verificar o grau de perfeccionismo com que foi reproduzido o local de estudo. Foram considerados pormenores como a altura da vegetação adjacente aos painéis ou até mesmo a forma como os postes de iluminação já colocados no local poderiam influenciar a produção de energia elétrica devido aos sombreamentos.

Depois de todo o projeto 3D tratado, procedeu-se à adição dos painéis fotovoltaicos mencionados em 2.7.

4.6. Produção do sistema fotovoltaico

Um dos objetivos do presente trabalho é conseguir produzir um sistema robusto e que se possa utilizar durante vários anos. Desse modo, foram considerados dois fabricantes de postos de abastecimento rápido, visto estes já possuírem o *CHAdEMO protocol*, mencionado em 3.3.2.1 a *Magnumcap*, com o *MCQC Charger - Quick Charging*, *CHAdEMO*, e a *Efacec*, com o *efacec QC-45*, ambos com fabrico e desenvolvimento nacional.

O fator comum que une estes dois postos de abastecimento tem que ver com a potência de entrada exigida à rede elétrica, que assume o valor de 50 kW. Partindo desse valor, teve que se desenvolver um conjunto de painéis fotovoltaicos, tendo em conta as potências individuais de cada um e os respetivos valores de tensão e de corrente.

No quadro 3 podem-se verificar as especificações técnicas dos painéis fotovoltaicos escolhidos em 2.7.

Quadro 3-Dados técnicos dos painéis fotovoltaicos [anexo 2].

SPR-E19-320	
Potência	320 W
Tensão	54.7 V
Corrente	5.86 A

Após a colocação dos painéis fotovoltaicos, com a inclinação mencionada em 4.4, procedeu-se finalmente à simulação com o *software Skelion*.

Da simulação em *Skelion* resultou o quadro 4, que descreve a produção média diária de potência elétrica. Esta quadro transmite um valor essencial para o cálculo de como devem estar ligados os painéis fotovoltaicos, que pode ser observado na última linha da segunda coluna onde a soma dos dois grupos de painéis fotovoltaicos assume o valor de 50,63 kWh/dia.

Quadro 4-Cálculos da produção média diária.[anexo 6].

Media				
Group	Edy (kWh/dia)	Emy (kWh/mês)	Hdy (kWh/m ² /dia)	Hmy (kWh/m ² /mês)
1	22,25	676,66	3,65	111,04
2	28,39	863,45	4,30	130,66
Σ	50,63	1540,11	3,97	120,85

Partindo da potência média diária produzida pela simulação de 50,63 kWh/dia, calculou-se de que modo devem ser ligados os painéis fotovoltaicos, para poderem fornecer os

níveis de tensão e corrente corretos aos inversores. Desse modo efetuou-se o seguinte cálculo:

$$P_{med/dia} = 50.63kw/h$$

$$P_{med\ dia, fase} = \frac{P_{med/dia}}{3} \quad (10)$$

$$P_{med\ dia, fase} = 16,87667kw/h \quad (11)$$

Dados dos inversores, valores de entrada:

$$U_{max}=1000V$$

$$I_{max}=33A$$

$$U_{mpp}^7=600V$$

Dados dos painéis, valores de saída:

$$U_{mp_painel}=54.7V$$

$$I_{mp_painel}=5.86A$$

Sendo:

$$P = U * I \quad (12)$$

$$16,87667 * 10^3 = 600 * I \Leftrightarrow I = 28,128A \quad (13)$$

Calculo das ligações:

$$U_{mpp} = N^{\circ} \text{ painéis} * U_{mp_painel} \quad (11)$$

$$600 = X * 54.7 \Leftrightarrow X = 10,97 \cong 11 \quad (12)$$

$$N^{\circ} \text{ painéis} * N^{\circ} \text{ fases} = \text{Total em série} \quad (13)$$

$$11 * 3 = 33$$

Sendo X o número de painéis a colocar em série, por fase.

Serão necessários colocar 33 painéis em série.

$$28,128 = y * 5.86 \Leftrightarrow y = 4,8 \cong 5 \quad (14)$$

$$N^{\circ} \text{ painéis} * N^{\circ} \text{ painéis} = \text{Total em paralelo} \quad (15)$$

$$5 * 3 = 15$$

⁷ Tensão de máximo rendimento. Ver anexo 2.

Sendo y o número de painéis a colocar em paralelo, por fase.

Serão necessários 15 painéis em paralelo.

De forma a ter uma produção de energia diária que fosse capaz de colmatar as necessidades dos postos de carregamento rápido, teve que se efetuar uma instalação com 50 painéis do modelo SPR-E19-320, apesar de os cálculos teóricos acima efetuados concluírem que 48 painéis seria o suficiente. Esta discrepância de valores deve-se ao facto de o programa de simulação incluir fatores de irradiância do local, perdas por sombreamento e outros fatores externos que não são considerados no cálculo teórico. Os 2 outros painéis restantes serão ligados um no grupo de painéis ligado em série e outro no grupo ligado em paralelo. Com este aumento, garante-se sempre uma produção com um valor ligeiramente acima da necessária; esse excesso de produção em nada irá prejudicar o sistema dado que os inversores têm margens de trabalho bastante alargadas, como se pode verificar no cálculo teórico.

A figura 37 mostra como será a disposição final dos 50 painéis, da *Sunpower* SPR-E19-320.



Figura 37-Screen, final do modelo desenvolvido em *SketchUp*.

Como já foi referido em anteriormente, teve que se recorrer a uma instalação que garantisse o mínimo de 50 kW, dado que esse é o valor mínimo de potência exigida pelo posto de abastecimento rápido.

Como é de antever, a produção dos painéis fotovoltaicos varia consoante as condições climáticas no local, mais propriamente consoante o nível de irradiância presente no local. Segundo as características técnicas dos painéis fotovoltaicos escolhidos, estes só começam a produzir eletricidade a partir dos $200\text{W}/\text{m}^2$ (2.6.2, figura 12). De forma a perceber em que horário se verificavam esses valores de irradiância, recorreu-se à base de dados metrológica já utilizada em 4.4. Esta simulação tem na base as coordenadas GPS, o local exato onde será feita a instalação dos painéis fotovoltaicos. Após essa simulação, poder-se-á fazer uma estimativa da produção do sistema fotovoltaico.

O cálculo foi efetuado para todos os meses do ano e deu origem ao quadro com os intervalos horários onde o nível de irradiância é superior aos $200\text{W}/\text{m}^2$. A título de exemplo, está ilustrado no quadro 5 e no gráfico da figura 39 a simulação efetuada no PVGIS para o mês de janeiro.

Quadro 5-Horário da Irradiância em janeiro.

Horário	Irradiância global sistema fixo	Irradiância difusa sistema fixo	Irradiância céu limpo sistema fixo
07:07	0	0	0
07:22	0	0	0
07:37	63	30	97
07:52	104	48	168
08:07	154	72	254
08:22	193	84	328
08:37	231	95	400
08:52	266	105	468
09:07	300	113	532
09:22	330	121	593
09:37	359	128	650
09:52	385	134	702
...
...
10:07	408	140	749
10:22	429	144	792
10:37	447	148	830
14:52	359	128	650
15:07	330	121	593
15:22	300	113	532
15:37	266	105	468
15:52	231	95	400
16:07	193	84	328
16:22	154	72	254

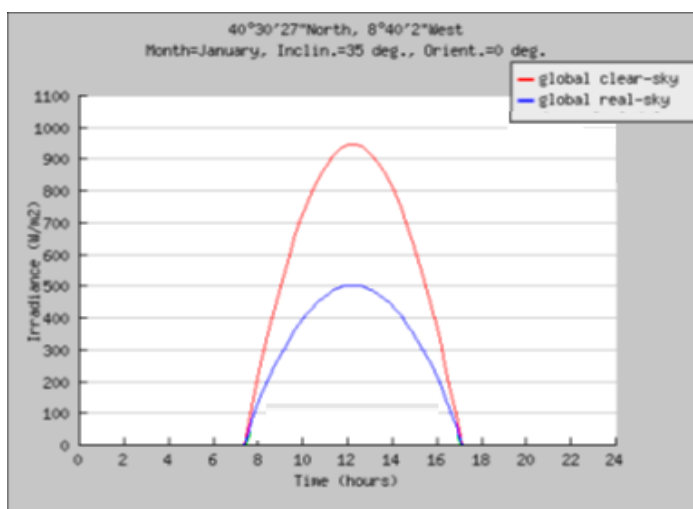


Figura 39-Irradiância janeiro [anexo 7].

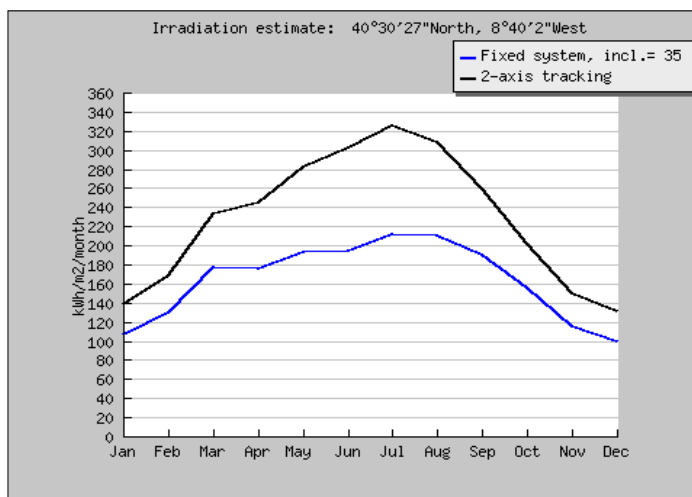


Figura 38-Irradiância anual [anexo 5].

Da análise do quadro 5, juntamente com gráfico da figura 38, importa reter que, apesar de o mês de janeiro ser um dos meses menos vantajosos para análise, devido ao fenómeno descrito em 4.4, figura 33, o intervalo horário obtido com a irradiância superior aos 200W/m², é das 8 horas e 22 minutos até as 15 horas e 52 minutos; o que perfaz um total de produção de cerca de 7 horas e 30 minutos. Relativamente ao gráfico da figura 38, importa ainda reter que a média de irradiância no mês de janeiro com um sistema fixo

inclinado a 35° é superior a 100kW/m^2 , o que faz antever que, mesmo nos meses mais desfavoráveis, a produção de eletricidade vinda dos painéis fotovoltaicos, é bastante considerável.

No quadro 8 verificam-se os intervalos horários em que a irradiância é superior aos 200W/m^2 . Esses intervalos de produção, quando multiplicados pela potência produzida, E_m , (quadro 6), dá origem à energia mensal produzida pelos painéis (quadro 7). Através da multiplicação da quarta coluna do quadro 8, pela primeira coluna do quadro 7, é possível verificar a potência média mensal produzida pelo conjunto de painéis fotovoltaicos (Quadro 7 segunda coluna).

Quadro 6- Energia mensal produzida pelos painéis fotovoltaicos em kWh, [Anexo 5]

E _m (kWh)												
Face	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov.	Dec
11_0	436,2	502,15	863,94	1079,19	1202,2	1307,2	1354,35	1247,07	926,55	675,22	416,3	350,93
6	259,2	350,36	639,33	855,93	1005,3	1129,6	1157,89	1032,48	716,5	486,17	273,6	213,45

Σ	695,4	852,51	1503,27	1935,12	2207,6	2436,9	2512,24	2279,56	1643,05	1161,4	689,9	564,39
---	-------	--------	---------	---------	--------	--------	---------	---------	---------	--------	-------	--------

Horas de sol acima dos 200 W/m ²			
Mês	Início	Fim	Intervalo considerado
janeiro	8h22min	16h00min	8h22min
fevereiro	8h22min	16h00min	8h22min
março	7h37min	16h52min	10h10min
abril	7h22min	17h22min	11h00min
maio	7h07min	17h22min	11h15min
junho	6h52min	17h37min	11h45min
julho	6h52min	17h37min	11h45min
agosto	7h00min	17h37min	11h37min
setembro	7h22min	17h07min	10h53min
outubro	7h52min	16h37min	10h23min
novembro	8h22min	16h07min	9h53min
dezembro	8h37min	15h52min	9h30min

Quadro 8-Horas de irradiância superior aos 200W/m² .[anexo 8].



Em (kWh)	Potência mensal produzida (kWh)
695,41	5563,28
852,51	6820,08
1503,27	15032,7
1935,12	21286,32
2207,58	24283,38
2436,87	29242,44
2512,24	30146,88
2279,56	25075,16
1643,05	18073,55
1161,4	11614
689,91	6899,1
564,39	5079,51

Quadro 7-Energia mensal produzida [anexo 8]

Como seria de esperar, os meses de verão são os meses em que a produção de energia elétrica é maior, não só pelo facto do intervalo horário ser maior, mas também porque a radiação incidente nos painéis nos meses de verão é maior, o que se traduz numa produção elétrica superior à da media. O mês onde se verifica uma maior produção é o mês de julho, que coincide com o mês em que a irradiância incidente nos painéis é maior (gráfico da figura 38).

No quadro 9 é possível observar como está constituído o modelo de produção. Este está dividido por faces, isto é, como referenciado em 4.4, optou-se por um modelo de suportes de duas abas, que estão divididas em *strings* de painéis, uma colocada com uma inclinação de 0° designada por “11_0” e uma outra colocada com uma inclinação de a 23,37°, designada por “6”.

É ainda possível verificar que a face “11_0” produz mais do que a face “6”, isto é, devido ao facto de a face “11_0” possuir mais 2 painéis que a face “6”.

Quadro 9- Resumo do grupo dos painéis fotovoltaicos [anexo 6]

<i>Results for solar panels grouped by same tilt, azimuth and panel model</i>						
Group	Model	Nº P.	P. power (Wp)	Power (kWp)	Tilt	Shading L. (%)
1 face "6".	SunPower:SPR-320E-WHT-D	24	320,00	7,68	23,37	0,15
2 face "11_0".	SunPower:SPR-320E-WHT-D	26	320,00	8,32	0,00	0,58

No quadro 9 é ainda possível verificar o sombreamento que afeta a produção de eletricidade; este parâmetro é designado por *Shading L* (perdas por sombreamento). Estas perdas são derivadas de elementos arquitetónicos já presentes na estação de serviço (árvores, postes de eletricidade). No entanto, a soma das perdas por sombreamento nas duas *strings* de painéis não chega a atingir o valor de 1%, o que acaba por ser um valor um pouco desprezável. Na figura 40 pode-se observar a evolução das sombras ao longo de um dia.

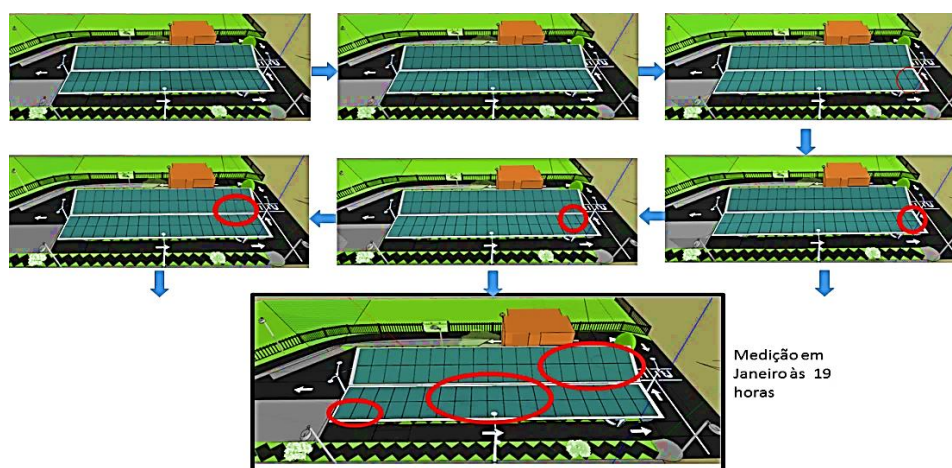


Figura 40-Evolução das do sombreamento ao longo de um dia.

Concluído todo o modelo em Skelion, contactou-se o Engenheiro Carlos Varela, da Repsol, com o intuito de pedir os consumos anuais da estação de serviço, para assim se poder associar os consumos entre posto de carregamento rápido e a estação de serviço.

4.7. Associação de dados

Após a conclusão do modelo 3D, foram então recolhidos dados dos consumos energéticos da estação de serviço. Estes dados foram cedidos pela Repsol que recorreu à

telecontagem⁸ para os fornecer. Os valores cedidos dizem respeito a consumos instantâneos de potência, com intervalos de tempo de 15 em 15 minutos, desde o dia 01-01-2015 às 00:00 até ao dia 31-12-2015 às 00:00.

Dado o consumo se tratar de potência instantânea exige um tratamento, visto que a potência instantânea exigida não é diretamente proporcional à energia consumida.

Importa observar o gráfico da figura 41, onde é possível compreender o comportamento de uma onda de potência em relação ao tempo, pois deste modo será mais fácil de interpretar o tipo de cálculo que tem de ser efetuado.

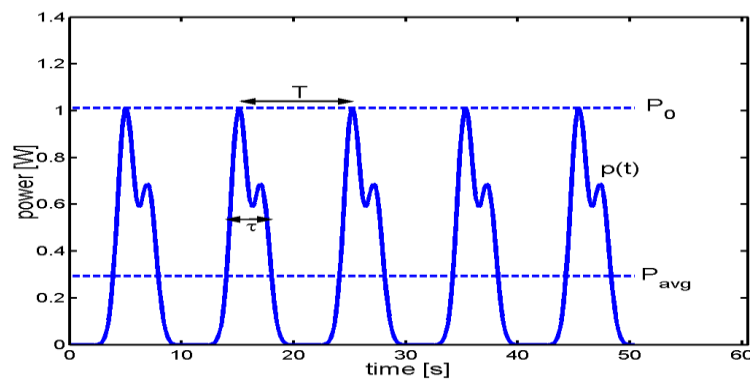


Figura 41-Representação típico de um diagrama de potência, Potência em função do Tempo. (Manske.M, 2012)

Da análise da onda de sinal representada no gráfico da figura 41, torna-se claro que P_0 é diferente de P_{avg} , sendo P_0 o valor de pico de potência exigida no determinado intervalo de tempo e o P_{avg} o valor médio de potência nesse mesmo intervalo de tempo. Seguindo este raciocínio, foi necessário passar a potência P_0 fornecida pela Repsol, para P_{avg} ; para isso foi efetuado o seguinte cálculo:

$$P_0 = \max[p(t)] \quad (16)$$

Definindo energia da seguinte forma:

$$\epsilon = \int_0^t p(t) dt \quad (17)$$

Sendo a potência média:

$$P_{avg} = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} p(t) dt = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v(t) * i(t) dt \quad (18)$$

⁸ Sistema inteligente que indica quanto se está a gastar nos vários períodos do dia, permitindo gerir e otimizar com facilidade os consumos energéticos.

Considerando que um ano tem mais de 500.000 minutos, e dado que os intervalos de tempo fornecidos pela Repsol são de 15 minutos, teve que se tratar cerca de 35.063 intervalos de tempo. Dado que o cálculo é algo difícil de trabalhar, foi elaborada uma folha Excel para que se possam formalizar mais rapidamente os cálculos (anexo 8).

Importa referir que o preço pago pela energia elétrica, diária não é igual em todos dos intervalos temporais do dia. De modo a conseguir quantificar o preço pago pela eletricidade nos diferentes horários, foi desenvolvido um código de cores, em que cada cor corresponde um horário diferente (quadro 10).

Quadro 10- Esquema de cores utilizado para os diferentes tipos horários.

Legenda	Intervalo Horas	Correspondente	Horário
	10,00-12,00	Ponta	Inverno
	19,00-21	Ponta	Inverno
	8,00-9,00	Cheias	Inverno
	13,00-18,00	Cheias	Inverno
	22-00-24,00	Cheias	Inverno
	00,00-2,00	Vazio normal	Inverno
	7,00-7,00	Vazio normal	Inverno
	3,00-6,00	Super vazio	Inverno
	10,00-12,00	Ponta	Verão
	8,00-9,00	Cheias	Verão
	13,00-00,00	Cheias	Verão
	00,00-2,00	Vazio normal	Verão
	7,00-7,00	Vazio normal	Verão
	3,00-6,00	Super vazio	Verão

Nota:

A mudança seguinte (ao horário de Inverno) verificar-se-á:

O dia 30 de outubro de 2015

Às 2:00 da manhã o relógio mudará para a 1:00 da manhã

A mudança anterior (ao horário de Verão) verificou-se

O dia 31 de março de 2015

A título de exemplo, será explicado na figura 42 como foi efetuado o cálculo para o dia 01-01-2015, em diferentes intervalos de tempo.

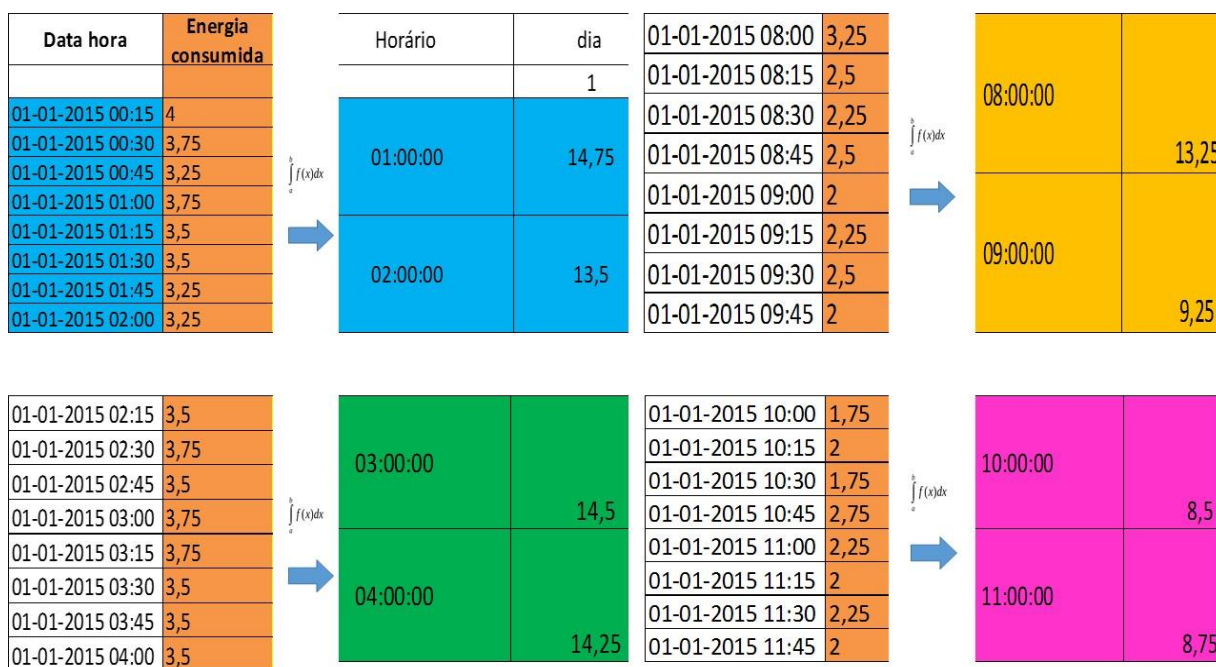


Figura 42- Cálculos efetuados em Excel.

Os cálculos da figura 42 foram efetuados de forma recíproca para cada hora, dia e mês do ano 2015.

De forma a tornar os cálculos mais fáceis, foi definida uma função em Excel, denominada *SumByColor*. A finalidade desta função é a de somar as células consoante a cor que as preenche, tornando, desta forma, mais fácil o cálculo da energia mensal consumida.

Após definida e estruturada a função *SumByColor*, tornou-se possível calcular os valores de energia consumida em cada dia nos intervalos horários de ponta, cheias, vazio normal ou super vazio.

4.7. Tarifas

De forma a encontrar o valor mensal pago pelo consumo de eletricidade, consultou-se um documento disponibilizado pela entidade reguladora dos serviços energéticos (ERSE), designado “Tarifas transitórias de venda a clientes finais em Portugal continental em 2016”. Este documento disponibiliza o preço pago por kW/h para clientes finais em alta tensão (AT), média tensão (MT) e baixa tensão especial (BTE) em Portugal continental. (ERSE, 2016)

O documento disponibilizado pela ERSE foca-se essencialmente em 3 subcategorias: tarifa de longas utilizações, tarifa de médias utilizações e tarifa de curtas utilizações. Dado que a tarifa a que a estação de serviço está vinculada é desconhecida, teve de se efetuar o cálculo para os três cenários diferentes.

No quadro 11 é possível verificar o total em [kW] gastos no mês de janeiro, em diferentes horários. Importa frisar que a maior parte de potência consumida pela estação de serviço se verifica em horário de cheias, sendo este também o horário onde existe mais produção a nível fotovoltaico.

Quadro 11- Potência consumida nos intervalos de tempo [anexo 8]

MÊS	janeiro
Total Mês ponta [kW]	2150,25
Total Mês cheias [kW]	3696,25
Total Mês vazio normal [kW]	1313,5
Total Mês super vazio [kW]	1781
Total Mês [kW]	8941

Após quantificados os [kW] gastos mensalmente pela estação de serviço, apurou-se o preço pago pela utilização dessa eletricidade. Para isso, recorreu-se a (ERSE, 2016), onde foi considerado a tarifa transitória de venda a clientes finais em AT. Após efetuados os cálculos, deram origem a três quadros de tarifas distintas - quadros 12, 13 e 14.

Quadro 12-Total mensal pago, tarifa de longas utilizações, janeiro [anexo 8].

Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de longas utilizações]	Total da fatura mensal
340,62 €	
440,57 €	
178,49 €	
192,07 €	
Total da fatura	1.151,76 €

Quadro 13-Total pago, tarifa de médias utilizações, janeiro [anexo 8].

Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de médias utilizações]	Total da fatura mensal
366,71 €	

448,35 €	
178,93 €	
195,82 €	
Total da fatura	1.189,82 €

Quadro 14- Total pago, tarifa de curtas utilizações, janeiro [anexo 8].

Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de curtas utilizações]	Total da fatura mensal
421,12 €	
507,08 €	
185,83 €	
204,91 €	
Total da fatura	1.318,93 €

Depois de efetuado o cálculo presente em 4.7 (figura 42), que por sua vez originou aos quadros 12, 13 e 14 para todos os meses do ano, este resultou nos gráficos das figuras 43, 44 e 45, através dos quais se pode verificar o preço mensal pago pelo consumo de eletricidade da estação de serviço em diferentes regimes tarifários.

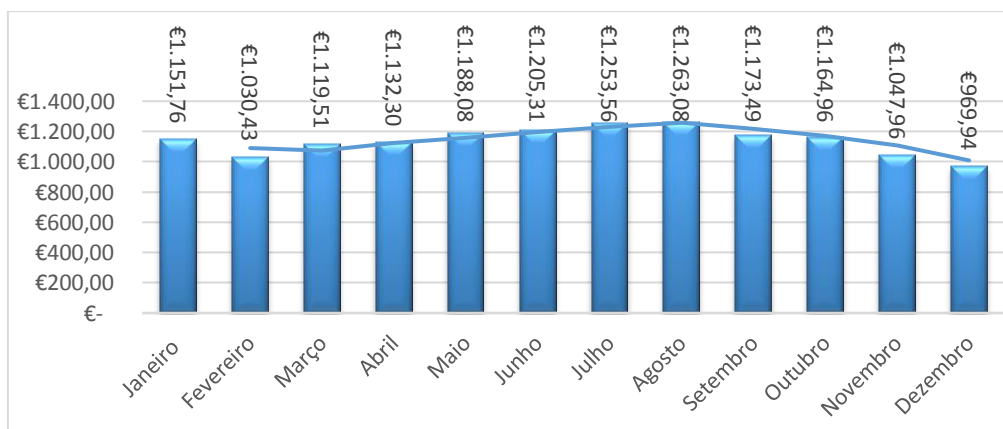


Figura 43-Custo da facturação, tarifa de longas utilizações [anexo 8].

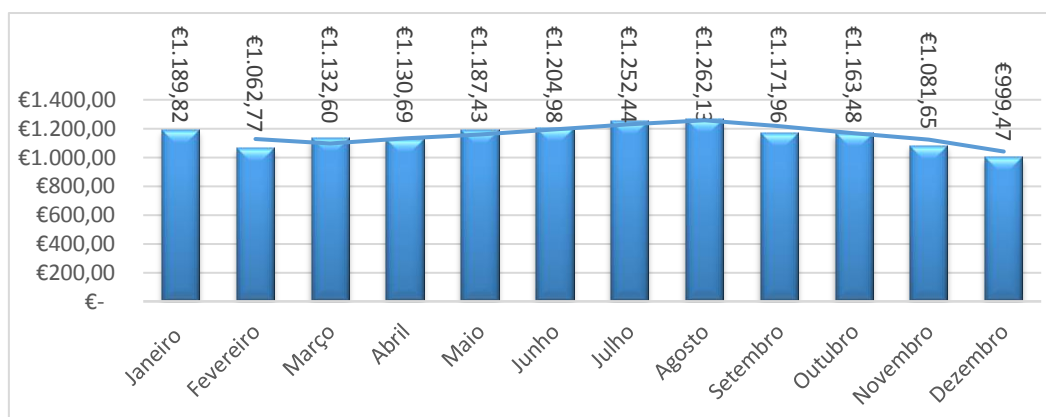


Figura 44-Custo da facturação, tarifa de médias utilizações [anexo 8].

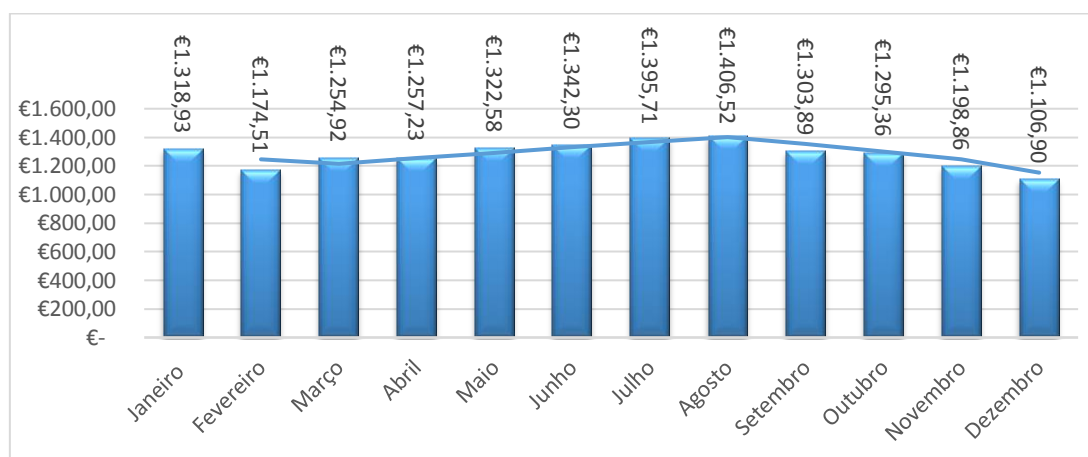


Figura 45-Custo da facturação tarifa de curtas utilizações [anexo 8].

Da análise dos gráficos das figuras 43, 44 e 45, conclui-se que a tarifa menos vantajosa para a concessionária da estação de serviço é a tarifa de curtas durações, que atinge um total anual de 15.377,71 €. Pode-se concluir que será esta tarifa que terá um *payback* menor, dado que o preço do kW/h é mais elevado.

Importa também reter que os preços máximos pagos pelo consumo de eletricidade são atingidos nos meses de verão, altura onde se verificou um maior consumo e simultaneamente existiu uma maior produção fotovoltaica (4.6 Quadro 7).

4.8. Autoconsumo, posto de carregamento rápido e venda de energia

Após analisados os encargos que a concessionária tem com o consumo de eletricidade, procedeu-se à comparação com a produção do sistema fotovoltaico. No entanto, a produção de eletricidade por parte dos painéis fotovoltaicos só ocorre num horário específico, como se pode verificar no capítulo 4.6, quadro 8. Com esta ideia presente teve

de se calcular qual a eletricidade consumida pela estação de serviço no horário e da produção dos painéis fotovoltaicos.

Através do quadro 15 é possível verificar a energia consumida na estação de serviço e a produção que advêm dos painéis fotovoltaicos, respetivamente.

Quadro 15-Comparação entre a energia consumida e a energia produzida [anexo 8].

Mês	Início	Fim	Energia consumida intervalo horário [kWh]	Energia mensal produzida, pelos painéis [kWh]
janeiro	8h00min	16h00min	2478,75	5563,28
fevereiro	8h00min	16h00min	2177,5	6820,08
março	7h00min	17h00min	3147,5	15032,7
abril	7h00min	17h00min	3516,25	21286,32
maio	7h00min	17h00min	3813,75	24283,38
junho	7h00min	17h00min	3820,75	29242,44
julho	7h00min	17h00min	4050,25	30146,88
agosto	7h00min	17h00min	4158	25075,16
setembro	7h00min	17h00min	3747	18073,55
outubro	8h00min	17h00min	3274,75	11614
novembro	8h00min	16h00min	2414,75	6899,1
dezembro	8h00min	16h00min	2139,5	5079,51

Para obter os valores referidos no quadro 15, terceira coluna, foi necessário voltar a fazer os cálculos, que são em tudo semelhantes aos mencionados em 4.7, figura 42. No entanto, a única ressalta que se teve de ter foi o facto de o consumo ser apenas do intervalo horário da produção considerado.

Seguidamente a se ter efetuado o cálculo da energia consumida no intervalo de tempo da produção, calculou-se a diferença entre a produção e o consumo de energia, que deu origem ao quadro 16.

Quadro 16- Excesso de produção [anexo 8].

Diferença entre a potência produzida e a potência consumida da estação de serviço [kWh]
3084,53
4642,58
11885,20
17770,07
20469,63
25421,69
26096,63
20917,16
14326,55
8339,25
4484,35
2940,01

Do quadro 16, verifica-se que existe um excedente de energia bastante grande, chegando a atingir o valor de 26.096,63 kWh, em julho.

No entanto, como verificado no capítulo 4.7, quadro 10, o preço da eletricidade não é igual em todas as alturas do dia. Consequentemente foi necessário dividir a potência consumida no intervalo horário referido do quadro 15, em horas de ponta, cheias, vazio normal e super vazio, para posteriormente se poder calcular qual a poupança, que a inclusão dos painéis fotovoltaicos poderia trazer, em termos de poupança anual.

A seleção do consumo energético no intervalo horário do quadro 15, com o esquema de cores mencionado em 4.7, quadro 10, resultou no quadro 17. Mais uma vez, para se efetuar este cálculo, utilizou-se a função *SumByColor*.

Quadro 17-Consumos mensais no intervalo horário definido [anexo 8].

Mês	Consumo em horas de cheias no intervalo [kWh]	Consumo em horas de ponta no intervalo [kWh]	Consumo em horas de vazio normal no intervalo [kWh]
janeiro	1710,75	768	0
Fevereiro	1519,75	657,75	0

Março	1993,75	767,5	386,25
Abril	2224,75	860	431,5
Mai	2399	983,75	431
Junho	2461,25	970,75	388,75
Julho	2586,75	1045,5	418
Agosto	2646	1047,75	464,25
Setembro	2404,5	915,25	427,25
Outubro	2378	896,75	0
Novembro	1625	789,75	0
Dezembro	1484,25	655,25	0

No quadro 17, é possível verificar que não se considerou o intervalo horário de super vazio e que, nos meses de janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro não existe redução de consumos no intervalo horário de vazio normal. Isto é devido ao horário de produção de eletricidade por parte dos painéis fotovoltaicos, não chegar a atingir os horários de super vazio e de só atingir o horário de vazio normal nos restantes meses que não são enumerados em cima.

De forma a converter os valores de energia referida no quadro 17, para tarifários, efetuou-se um cálculo semelhante ao elaborado em 4.7, quadro 12,13 e 14. Contudo, desta vez apenas aplicado a três intervalos horários. No quadro 18 é indicado, a título de exemplo, como foi efetuado o cálculo para os meses de janeiro e julho.

Quadro 18-Preço do consumo de energia no intervalo horário da produção [anexo 8].

Mês	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de longas utilizações] €	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de médias utilizações] €	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de curtas utilizações] €
janeiro	173,92	183,01	206,45
	247,58	250,99	281,52
	0	0	0
...
Julho	206,34	219,89	249,03
	339,19	338,07	380,26
	113,11	112,13	119,74

4.8.1. Autoconsumo estação

Todos os cálculos referidos em 4.8 tiveram um objetivo muito claro: encontrar qual seria a poupança que a concessionária teria ao instalar os painéis fotovoltaicos simulados no presente projeto.

Após concluídos os cálculos mencionados em 4.8, quadro 18, procedeu-se ao cálculo da poupança acomodada nos diversos meses do ano, e com esse propósito, foram somadas todas as parcelas da poupança mensal nos intervalos horários já definidos em 4.8 quadro 15, o que por sua vez resultou no quadro 19.

Quadro 19- Custo da energia no intervalo horário da produção [anexo 8].

	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de longas utilizações]	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de médias utilizações]	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de curtas utilizações]
Custo em €	6.501,97 €	6.630,64 €	7.414,54 €

Como já seria de esperar, a tarifa onde o custo da eletricidade é maior é a tarifa de curtas utilizações. Este resultado deve-se ao facto de o preço do kW/h nesta tarifa ser superior ao das restantes, chegando mesmo a atingir uma diferença de 0,0352 kW/h nas horas de ponta relativamente à tarifa de longas utilizações. (ERSE, 2016)

Depois de calcular o custo da energia no intervalo horário da produção, voltou a recorrer-se aos gráficos das figuras 43, 44 e 45 presentes em 4.7, com o intuito de calcular a poupança que se irá ter com a inclusão dos painéis fotovoltaicos. Para isso, utilizou-se o custo total anual de eletricidade da estação de serviço e subtraiu-se os valores do quadro 19, que gerou o quadro 20.

Quadro 20-Poupança gerada da instalação dos painéis, nos intervalos horários considerados [anexo 8].

	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de longas utilizações]	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de médias utilizações]	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de curtas utilizações]
Poupança em € [estação]	7.198,39 €	7.208,79 €	7.963,16 €

Tal como mencionado anteriormente, o preço da eletricidade nas tarifas de curtas utilizações é superior traduzindo, portanto, uma maior poupança anual, que pode ser verificada no quadro 20.

4.8.2. Autoconsumo da estação e posto de carregamento rápido

Tal como se pôde verificar no capítulo 4.8, quadro 16, o excesso de produção de eletricidade concebida pelos painéis fotovoltaicos, mesmo após colmatadas as necessidades energéticas da estação, ainda é bastante significativo. No entanto, a esse excedente de eletricidade ainda falta adicionar o ponto fulcral do presente projeto: o posto de abastecimento rápido. De forma a quantificar a quantidade de kW, gastos em carregamentos de VE, foram definidos cenários de carga.

Devido ao facto de existirem vários tipos de VE, com vários tipos de baterias, que podem demorar mais ou menos tempo a carregar (ponto 3.2), optou-se pelo cenário mais desfavorável possível: o posto de abastecimento a funcionar durante 30 minutos à carga máxima de 50 kW; esta suposição repete-se 4 vezes ao longo do dia, para quatro carregamentos diários. Após estas deliberações foram definidos os seguintes, cenários de carga.

Horários do carregamento:

- Inverno:
 - Primeiro: 9 horas até às 9h30 minutos
 - Segundo: 11 horas até às 11h30 minutos
 - Terceiro: 13 horas até às 13h30 minutos
 - Quarto: 15 horas até às 15h30 minutos.
- Verão:
 - Primeiro: 8 horas até às 8h30 minutos
 - Segundo: 11 horas até às 11h30 minutos
 - Terceiro: 13 horas até às 13h30 minutos
 - Quarto: 16 horas até às 16h30 minutos.

Após definidos os cenários de carregamento, pode-se quantificar qual a potência diária gasta em carregamentos de VE. Para isso basta observar a equação 19.

$$P_{\text{carregamentos}_{\text{dia}}} = (P_{\text{posto}} * N^{\circ}\text{carregamentos}) * \text{Quantidade horaria}_{\text{horas}} \quad (19)$$

$$P_{\text{carregamentos}_{\text{dia}}} = (50 * 4) * 0.5 = 100 \text{ kW} \quad (20)$$

Depois de consolidadas as decisões feitas anteriormente, estão reunidas as condições para construção do quadro onde seja correlacionado o excesso de produção diário, com o consumo diário do posto de carregamento. Esta relação está representada no quadro 21.

Quadro 21-Relação entre o excesso de energia produzida e a energia erigida pelo posto de abastecimento [anexo 8].

Excesso de produção Diário na estação [kWh]	Total diário disponível em carregamentos [kWh]	Energia diária disponível após os carregamentos [kWh]	Meses em que a produção de energia resultante dos painéis chega para efetuar os carregamentos e compensar a produção de energia efetuada pela estação.	Consumo de energia mensal pedido á rede após colocação do os painéis. [kWh]
99,50	100	-0,50	Não chega	15,47
165,81	100	65,81	Chega	0
383,39	100	283,39	Chega	0
592,34	100	492,34	Chega	0
660,31	100	560,31	Chega	0
847,39	100	747,39	Chega	0
841,83	100	741,83	Chega	0
674,75	100	574,75	Chega	0
477,55	100	377,55	Chega	0
269,01	100	169,01	Chega	0
149,48	100	49,48	Chega	0
94,84	100	-5,16	Não chega	159,99

Como se pode verificar no quadro 21, praticamente em todos os meses a produção de eletricidade, vinda dos painéis fotovoltaicos no intervalo horário definido em 4.8, quadro 15, é suficiente para colmatar as necessidades energéticas do conjunto, estação de serviço mais posto de abastecimento rápido. No entanto, existem dois meses, janeiro e dezembro, em que não é possível satisfazer as necessidades energéticas do grupo (posto de abastecimento rápido mais estação de serviço) e, como tal, terá de se recorrer à rede elétrica para satisfazer as necessidades do grupo.

Este fator vai levar a um acréscimo na poupança elétrica, que foi calculada em 4.8.1, quadro 20. Para se poder constatar qual o valor real desse acréscimo voltou a fazer-se o cálculo efetuado em 4.8, quadro 18, podendo este cálculo ser verificado no quadro 22.

Quadro 22-Cálculo do valor pago excesso de produção pedido à rede, devido ao posto de abastecimento rápido [anexo 8].

Mês	Atualizações devido ao aumento de consumo induzido do posto de carregamento rápido [Tarifa de longas utilizações] €	Atualizações devido ao aumento de consumo induzido do posto de carregamento rápido [Tarifa de médias utilizações] €	Atualizações devido ao aumento de consumo induzido do posto de carregamento rápido [Tarifa de curtas utilizações] €
janeiro	82,23 €	81,97 €	88,38 €
	82,05 €	81,71 €	88,06 €
	- €	- €	- €
Dezembro	90,94 €	91,58 €	87,18 €
	89,07 €	88,90 €	87,18 €
	- €	- €	- €

Devido a se ter considerado vários cenários de carregamento e esses cenários estarem limitados a um intervalo temporal, o acréscimo de potência consumida à rede, ocorre sempre fora do horário de vazio normal, o que se reflete em acréscimo de energia apenas nas horas de ponta e cheias. Este acréscimo foi calculado dividindo o conteúdo mensal da célula “Consumo mensal pedido á rede após colocação dos painéis [kWh]” (quadro 21) por dois, tornando-se, assim, mais equilibrado. É como se o acréscimo de eletricidade devido aos carregamentos de VE ocorressem em dois horários distintos (quadro 22).

Como se verificou no quadro 21, a inclusão do posto de abastecimento rápido levou ao acréscimo na poupança calculada em 4.6.1, quadro 20. Por forma a quantificar-se esse acréscimo, construiu-se o quadro 23, onde é possível verificar a poupança, em €, da inclusão do grupo “posto de abastecimento rápido + estação de serviço”.

Quadro 23-Poupança do grupo (estação mais posto de abastecimento rápido) [anexo 8].

Ano	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de longas utilizações]	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de médias utilizações]	Preço pago pela utilização nas diferentes horas [Tarifa de curtas utilizações]
Custo em €	6.846,26 €	6.974,80 €	7.765,68 €
Poupança em € [estação + posto]	6.854,10 €	6.864,63 €	7.612,03 €

Como seria de esperar, a poupança diminuiu, com a inclusão do grupo “estação + posto de abastecimento rápido”. No entanto, a poupança ainda continua a ser bastante

significativa, chegando mesmo a atingir o valor de 7.612,03 €, para as tarifas de curtas utilizações.

4.8.3. Autoconsumo da estação, posto de carregamento rápido e venda de energia à rede

Apesar de se aproveitar a energia vinda dos painéis fotovoltaicos, para o grupo de consumo de energia, “estação + posto de abastecimento rápido”, verifica-se em 4.8.2 quadro 21, que em grande parte dos meses do ano existe um excedente de energia, chegando mesmo a atingir os 747,39 kW em julho. Consequentemente, esta energia não pode ser ignorada e tem de ser encontrar uma solução.

Atualmente só existem duas formas de utilizar a energia: i) acumulando-se num sistema de baterias, ou ii) reutilizando a energia, injetando-a na RESP. Depois de analisado o problema, conclui-se que a melhor solução para o excedente de energia produzido seria a introdução desta na RESP.

Para injetar a energia na rede, a concessionária terá de se constituir como produtor de energia. Esta regulamentação poderá ser vista com mais pormenor em 2.4.

De forma a saber qual o valor pago pela venda de energia à rede, teve que se recorrer ao Decreto-Lei n.º 153/2014 de 20 de outubro, artigo 24.º, que faz referência à remuneração da energia proveniente das unidades de produção para autoconsumo (DL, 2014). Ao se recorrer a este DL, verifica-se que a remuneração da energia cedida à rede depende, em parte, do operador do mercado ibérico de energia (OMIE). Após se verificar que a remuneração da energia injetada na RESP tem uma forte dependência dos preços de fecho do mercado do OMIE, procedeu-se à verificação de qual seria o preço pago pela OMIE. Essa verificação deu origem ao quadro 24, que tem como base os parâmetros consultados em. (OMIE, 2015).

Quadro 24-Preço médio do fecho do mercado OMIE. (OMIE, 2015).

Ano 2015		
Mês	Preço médio aritmético de Portugal €/MWh	Preço médio aritmético de Portugal €/kWh
Jan	51,82	0,05 €
Fev.	42,57	0,04 €
Mar	43,22	0,04 €
Abr.	45,49	0,05 €
Mai.	45,18	0,05 €
Jun.	54,74	0,05 €

Jul	59,61	0,06 €
Ago	55,59	0,06 €
Set	51,92	0,05 €
Out	49,89	0,05 €
Nov.	51,46	0,05 €
Dez	52,92	0,05 €
	Média do preço pago pela eletricidade	0,05 €

No quadro 24, verifica-se que, no ano de 2015, a média de preço pago pela injeção de energia na RESP é de 0,05€. Posto isso, formalizou-se o quadro 25 que advém do quadro 21, coluna “Energia diária disponível após os carregamentos”, presente em 4.8.2.

Quadro 25-Total de potência disponível para venda à rede [anexo 8].

Energia diária disponível após os carregamentos [kWh]	Energia restante mensal após os carregamentos [kWh]
65,81	1.842,68
283,39	8785,09
492,34	14.770,07
560,31	17.369,63
747,39	22.421,69
741,83	22.996,63
574,75	17.817,16
377,55	11.326,55
169,01	5.239,25
49,48	1.484,35
Total de produção restante anual	124.053,11

Através do quadro 25, pode-se verificar que anualmente há disponibilidade de 124,053 MWh para vender à RESP. Neste valor não estão incluídos os meses de janeiro e dezembro porque nestes meses a produção elétrica, vinda dos painéis fotovoltaicos, não chega para combater das necessidades energéticas. Importa referir que todos estes valores de consumos e venda de energia, tiveram como base os consumos da estação de serviço no ano 2015, e os preços de venda em 2015, podendo por isso estar sujeitos alterações nos anos seguintes.

Seguidamente, calculada a quantidade total de produção restante anual, é necessário determinar a receita anual obtida pela venda dessa energia à RESP. Para isso, criou-se um diagrama onde fosse possível colocar o preço pago pela OMIE por kW, em função da produção anual, o que por sua vez gera a receita anual em (€/ano). Este cálculo teve como base a equação (21) que se pode encontrar em (DL, 2014). Neste diagrama foram

incluídos alguns fatores depreciativos, como o custo de manutenção dos painéis e as perdas de rendimento anuais. Este cálculo deu origem ao quadro 26.

$$R_{upac} = E_{energia_fornecida} * OMIE * 0.9 \quad (21)$$

Quadro 26-Calculo da receita anual produzida, pela energia vendida [anexo 8].

Ano	Custo(€/kWh)	Produção (kWh/ano)	Receita anual (€/ano)	Custos Manutenção (€/ano)
0	-	124.053,11	-	-
1	0,05	124.053,11	6.406,10	40
2	0,05	124.053,11	6.406,10	40
3	0,05	124.053,11	6.406,10	40
4	0,05	124.053,11	6.406,10	40
5	0,05	117.850,45	6.085,80	40
6	0,05	117.850,45	6.085,80	40
7	0,05	117.850,45	6.085,80	40
8	0,05	117.850,45	6.085,80	40
9	0,05	117.850,45	6.085,80	40
10	0,05	111.647,8	5.765,49	40
11	0,05	111.647,8	5.765,49	40
12	0,05	111.647,8	5.765,49	40

Através do quadro 26, é possível ter a percepção de que anualmente se obtém uma remuneração de 6.406 €. No entanto, o valor da produção elétrica sofre uma atenuação de 5% a cada 5 anos, devido à queda de rendimento dos painéis fotovoltaicos, o que origina uma ligeira queda na receita anual.

4.9. Orçamento

Para se conseguir colocar o presente projeto em prática, é necessário saber qual será o investimento inicial do projeto. Com esse objetivo, foram contactadas empresas especialistas no mercado da energia fotovoltaica, com o intuito de se saber qual seria o preço pago por um projeto desta natureza.

Depois de obtidos os preços de cada componente, foi elaborado um orçamento, de modo a permitir ao investidor saber qual o encargo que um projeto deste género pode trazer. Esse orçamento está ilustrado no quadro 27.

Quadro 27-Orçamento [anexo 8].

Orçamento

	Número	Marca	Modelo	Custo unitário [€]	Total
Painéis fotovoltaicos	50	SunPower	SPR-E19-320	500,73 €	25.036,45 €
Inversores	3	Sunny SMA	Sunny Tripower 25000TL	3.709,90 €	11.129,70 €
Inverter Manager	1	Sunny SMA	O BOX / LCS-TOOL	2.400,00 €	2.400,00 €
Box combinadora	3	Sunny SMA	STP-DC-CMB1-10	623,64 €	1.870,92 €
Suportes	3	Keystone	Gound Carport&Greenhouse Mounting System	1.132,80 €	3.398,40 €
Cablagem	2	Topsolar	PV ZZ 2,5 mm2 100 Metros	125,00 €	250,00 €
Contagem	1	5CTD	EON	345,00 €	345,00 €
Obra civil	N			6.679,57 €	6.679,57 €
Diversos	N			100,00 €	100,00 €
Total					51.210,04 €

No quadro 27 estão presentes alguns fatores que podem variar. Não se baseiam em valores concretos, mas sim em deliberações, como é o caso do valor orçamentado para a obra civil, onde foi considerado um custo de obra civil/mão-de-obra de 15% do valor total da instalação.

4.10. Payback

Um dos parâmetros mais cruciais deste projeto prende-se com a viabilidade económica do mesmo sendo, portanto, decisivo efetuar o estudo que explore essa viabilidade.

A realização do estudo da viabilidade teve de reunir todas as possibilidades de lucro, num único elemento. De forma a mostrar a solidez económica do presente projeto, foram também realizados cálculos ao nível do valor atual líquido (VAL) e taxa interna de retorno (TIR). Estes cálculos financeiros são quantificados através das fórmulas matemáticas (22) e (23).

$$VAL = -C_0 + \sum_{j=1}^n \frac{C_f}{(1+d)^j} \quad (22)$$

Sendo:

Cf. - Cash-flow no período j;

C_0 - Investimento no ano zero;

d- Taxa de atualização do capital para o mesmo período;

n – Vida útil do investimento

$$TIR = - C_0 + \sum_{j=1}^n \frac{C_f}{(1+d)^j} = 0 \quad (23)$$

Sendo:

A TIR é a taxa que aplicada na expressão do VAL torna o resultado nulo;

d - Taxa que aplicada na expressão anula o VAL.

Como se pode verificar nas equações (22 e 23), ambas são dependentes do *cash-flow*⁹ gerado pelo projeto e do investimento inicial deste. Como referido no ponto 4.9, o investimento inicial do projeto será de 51.210,04 €; no entanto, para conseguir obter o VAL e a TIR, foi necessário definir o quadro 28 onde se pode observar o *cash-flow* do projeto. Complementarmente a esta (quadro 28), foi produzida uma coluna onde é possível observar o saldo acumulado do projeto; nesta coluna é possível observar qual o será o período de retorno de investimento, apenas da energia vendida à RESP.

Contudo, como verificado em 4.8, a possibilidade de retorno do investimento não advém apenas da venda de energia à RESP, em 4.8.2, quadro 21. É possível observar que a inclusão dos painéis fotovoltaicos também inclui uma poupança direta no consumo de energia elétrica, mesmo depois de inserido o posto de carregamento rápido.

De modo a clarificar o raciocínio descrito em cima, e verificar qual a VAL, TIR e o *payback* do investimento, formalizou-se o quadro 28, onde é possível verificar as colunas a que em cima se faz referência.

Quadro 28-Retorno do investimento [anexo 8].

⁹ Representa a diferença entre as entradas e saídas de dinheiro de um projeto ou investimento durante um determinado período de tempo.

Anos	Receita anual (€/ano)	cash-flow (€)	Saldo Acumulado (€) _Da energia vendida _restante	Saldo Acumulado (€) _Da energia vendida e da utilizada para autoconsumo [Tarifa de longas utilizações] €	Saldo Acumulado (€) _Da energia vendida e da utilizada para autoconsumo [Tarifa de médias utilizações] €	Saldo Acumulado (€) _Da energia vendida e da utilizada para autoconsumo [Tarifa de curtas utilizações] €
0	-	51.210,04	-51.210,04 €	-51.210,04 €	-51.210,04 €	-51.210,04 €
1	6.406,10 €	6.366,10	-44.843,94 €	-37.989,84 €	-37.979,31 €	-37.231,91 €
2	6.406,10 €	6.366,10	-38.477,84 €	-31.623,74 €	-31.613,21 €	-30.865,80 €
3	6.406,10 €	6.366,10	-32.111,73 €	-25.257,64 €	-25.247,10 €	-24.499,70 €
4	6.406,10 €	6.366,10	-25.745,63 €	-18.891,53 €	-18.881,00 €	-18.133,60 €
5	6.085,80 €	6.045,80	-19.699,83 €	-12.845,74 €	-12.835,20 €	-12.087,80 €
6	6.085,80 €	6.045,80	-13.654,04 €	-6.799,94 €	-6.789,41 €	-6.042,00 €
7	6.085,80 €	6.045,80	-7.608,24 €	-754,14 €	-743,61 €	3,79 €
8	6.085,80 €	6.045,80	-1.562,44 €	5.291,66 €	5.302,19 €	6.049,59 €
9	6.085,80 €	6.045,80	4.483,36 €	11.337,45 €	11.347,99 €	12.095,39 €
10	5.765,49 €	5.725,49	10.208,85 €	17.062,94 €	17.073,48 €	17.820,88 €
11	5.765,49 €	5.725,49	15.934,34 €	22.788,44 €	22.798,97 €	23.546,37 €
12	5.765,49 €	5.725,49	21.659,83 €	28.513,93 €	28.524,46 €	29.271,87 €

Através do quadro 28, é possível verificar que o retorno do investimento do projeto está entre o 7º e o 9º ano. Os 7 anos de retorno de investimento são obtidos quando se considera uma tarifa de curtas utilizações para o valor da poupança anual do grupo (“estação + posto de abastecimento rápido”), em conjunto com a energia vendida à RESP; por outro lado, no cenário mais desfavorável (9 anos), apenas se está a considerar o valor da energia vendida à RESP.

Relativamente ao cálculo da TIR, obteve-se o valor entre os 10,75% e os 14,08%, o que significa que o projeto irá gerar um retorno anual do investimento inicial na ordem de 10,75% a 14,08%, concluindo-se então que a TIR representa um intervalo de valores bastante positivo.

No que diz respeito ao cálculo do VAL, este está diretamente ligado a taxa de atualização de capital, no período de realização do projeto. Como tal, foram realizados vários cálculos por forma a determinar até que taxa de atualização este projeto ainda continuaria a ser viável, concluindo-se que até uma taxa de atualização de 10%, o projeto apresenta um

VAL positivo, o que significa que é economicamente viável. É de realçar que uma taxa de atualização de 10% é uma taxa bastante alta, o que desmonta a solidez do projeto.

No gráfico da figura 46 é possível observar a tendência do retorno do investimento, para as várias modalidades.

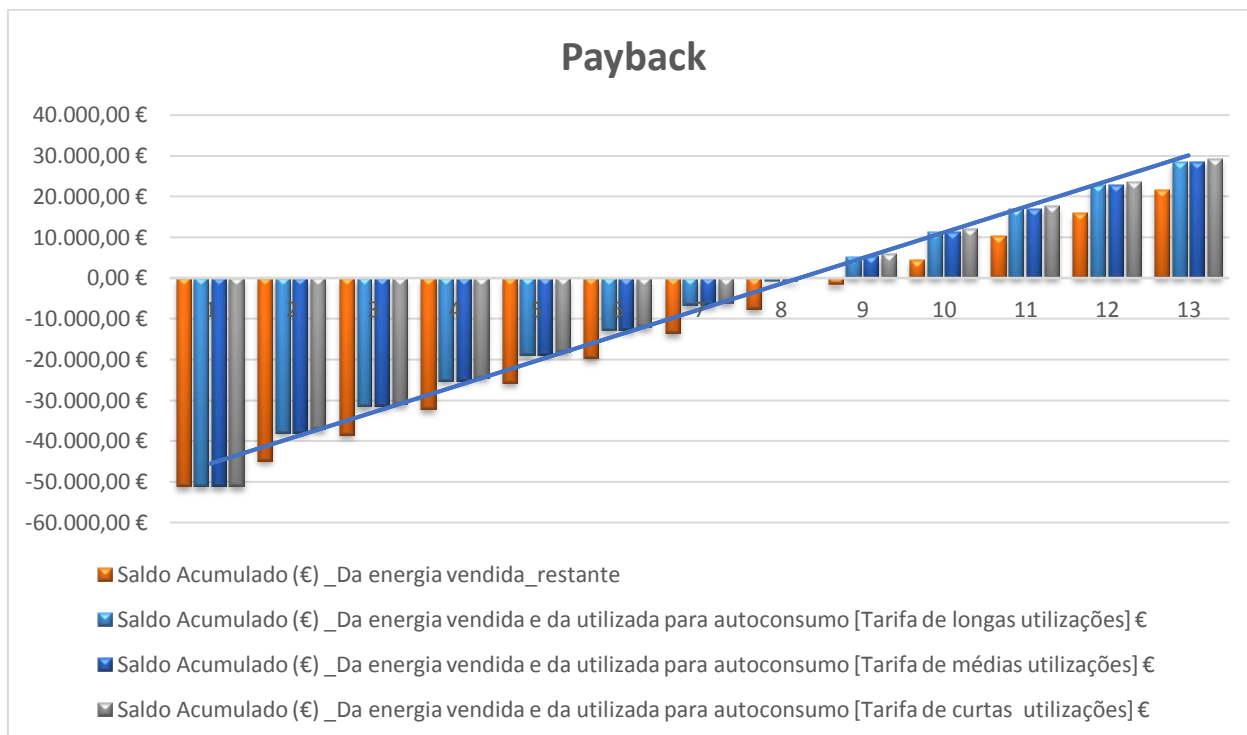


Figura 46- *Payback* [anexo 8].

É de notar que ao fim de 13 anos o investidor já obteve mais 58% do investimento inicial, o que significa que, ao fim de 16 anos, o investidor não só recuperou o investimento, como duplicou o seu investimento. Importa ainda referir que todos estes cálculos foram efetuados tendo em consideração o abastecimento do grupo (posto de abastecimento rápido + autoconsumo da estação de serviço), o que indica que com a inclusão deste sistema se consegue compilar uma solução bastante satisfatória, isto é, não só traz uma mais-valia para a estação de serviço (a inclusão do posto de abastecimento rápido) como se consegue ainda reduzir significativamente os consumos da estação de serviço.

Em suma, conclui-se que o presente projeto está bastante bem desenvolvido tanto a nível económico com a nível técnico, demonstrando bastante solidez económica e com um nível de retomo de investimento bastante satisfatório [7 a 9 anos].

Capítulo 5 – Conclusão

Este trabalho teve como objectivo principal, propor um posto de carregamento rápido para veículos eléctricos que minimizasse o impacto na RESP e que consequentemente, pudesse proporcionar um *life cycle* para a mobilidade eléctrica, “mais limpo”, diminuindo assim o impacto ambiental causada pelos meios de deslocação.

Conforme é perceptível ao longo do presente projeto, os postos de carregamento dos VE exigem níveis de potência bastante elevados. Desse modo, a sua inclusão e alargamento na RESP, pode vir a causar transtornos ao nível da variação da frequência ou alteração dos níveis de potência. Assim, a elaboração deste estudo foi concebida tendo em vista que num futuro próximo, se possa aumentar e tornar cada vez mais eficiente a rede de postos de carregamento rápido, sem que esse alargamento possa deteriorar o normal funcionamento da RESP. Para isso, propôs-se um sistema que auxilia a RESP no fornecimento de energia aos postos de abastecimento rápidos.

Com o evoluir do trabalho, foi possível constatar que o conjunto de painéis fotovoltaicos projetado, teria mais potencial para além do fornecimento de energia ao posto de carregamento rápido previsto. Este fato levou a uma reformulação dos objetivos e à inclusão um estudo de autoconsumo para a estação de serviço, com o consequentemente estudo que teve como objetivo a procura da solução sustentável, tanto em termos técnicos como em termos económicos. Para isso, foram delineadas estratégias bastante demarcadas, onde foram tidos em conta os componentes tecnologicamente evoluídos que pudessem ajudar na monitorização de todo o sistema. Após ter sido feito o levantamento de todos os componentes técnicos, foi elaborada uma estimativa do preço total da instalação para, posteriormente, efetuado estudo da viabilidade económica de todo o projeto.

Nesse estudo foram tidas em conta várias possibilidades de recuperação do investimento, desde energia fornecida à rede até mesmo um estudo da redução da fatura energética da estação de serviço. A nível económico não se definiu apenas o cálculo do retorno do investimento, foi ainda elaborada toda uma análise das diversas variantes económicas (VAL, TIR e *payback*), por forma a tornar clara a viabilidade económica de todo o projeto.

Concluiu-se, assim, que é possível introduzir, numa estação de serviço ou pontos de referência rodoviários, um posto de abastecimento rápido de VE que, aliado a um conjunto de painéis fotovoltaicos (corretamente dimensionados), pode ser técnica e economicamente vantajoso para ambas as partes. Por um lado, é um benéfico para a concessionária do posto de abastecimento rápido, pois garante a viabilidade económica e atualiza os seus serviços ao consumidor; por outro lado, o utilizador de VE consegue obter a necessidade energética necessária e ainda minimiza o impacto no meio ambiente, bem como o impacto na RESP.

Conclui-se, deste modo, que o objetivo de minimizar a interferência na rede, de forma sustentada na alimentação do carregador rápido, é cumprido por este sistema, demonstrando-se ser economicamente viável para o proprietário do equipamento.

5.1. Perspetivas de trabalhos futuros

Futuramente, seria proveitoso completar o estudo apresentado neste projeto com uma análise dos acumuladores e supercondensadores presentes no mercado, que possam ser utilizados para recolher toda a energia vinda do conjunto de painéis fotovoltaicos, para posteriormente esta ser fornecida ao posto de abastecimento rápido. Seria também interessante dar seguimento ao estudo económico onde seria realizada uma comparação entre sistema com acumuladores e supercondensadores vs. o sistema de autoconsumo proposto.

Seguindo uma lógica de aperfeiçoamento, seria também importante reduzir a injeção de harmónicos para a RESP (sistema ligado à rede). Para isso será necessário dimensionar e incluir filtros passivos corretores de harmónicos.

Computacionalmente seria aliciante desenvolver um sistema de monitorização dinâmica, que pudesse prever os perfis de consumo da carga e adaptar a resposta do sistema gerador às necessidades. Esse sistema poderia ainda servir como base de dados onde seriam armazenadas as diversas condições a que o sistema está sujeito, tais como, o consumo instantâneo da rede, picos e consumo médio. Este mesmo sistema poderia ainda estar disponível *online*, para que o utilizador pudesse, a qualquer altura, verificar os perfis de consumo. Desta forma, será possível adaptar o sistema às necessidades do utilizador, evitando assim que o projeto se torne obsoleto.

Por forma a adaptar a lógica do presente trabalho a qualquer localização geográfica, seria também interessante a realização de uma análise da mesma solução, mas com o fornecimento de energia através de uma central mini eólica.

Referências Bibliográficas

Amareleja (undated). Amareleja - tem a maior central fotovoltaica do mundo, Câmara Municipal de Moura, acessado em, 31-05-16 em: <http://www.cm-moura.pt/feirasdeamareleja/CentralFotovoltaica.html>

APESF (2015). Regime jurídico de autoconsumo, associação portuguesa do setor fotovoltaico, Lisboa 2015. Versão eletrónica acessado em, 31-05-16 em: http://www.apesf.pt/images/apesf/pdf/Regime_Juridico_Autoconsumo.pdf

APREN (2009). Estudo do Impacto Macroeconómico do Sector das Energias Renováveis em Portugal, Associação das energias renováveis acessado, Análise Deloitte Consultores. Acessado em, 22-06-16 em: http://www.apren.pt/fotos/noticias/apren_impacto_energias_renovaveis_1266829068.pdf

Archelios Pro (2016). Software for pv fotovoltaic installations solutions design and yield prediction, produced by trace-software acessado em, 10-07-16 em: <http://www.trace-software.com/products/archelios-pro/>

AS Solar Ibérica (2015). O autoconsumo em Portugal, baseado na Associação Portuguesa de Empresas do Sector Fotovoltaico (APESF) acessado em, 31-05-16 em: <http://www.as-iberica.com/pt/home-pt/34-noticias/noticias-pt/335-o-autoconsumo-em-portugal>

Autohoje (2012). Baterias de lítio-ar dão 800 km de autonomia, versão eletrónica Autohoje, acessado em 04-09-2016, em: <http://www.autohoje.com/index.php/noticias/noticias/item/79635-baterias-de-litio-ar-dao-800-km-de-autonomia>

Biography Editors (2014). Henry Ford biography, publisher A&E Television Networks Versão online acessado em, 03-06-16 em: <http://www.biography.com/people/henry-ford-9298747>

Boden, T.A. et Andres, R.J. (2011). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO2 Emissions, Oak Ridge National Laboratory, Center Environmental Sciences Division, version 10.3334/CDIAC/00001_V2011

Boekhoudt, A. et Behrendt, L. (2014). Taxes and incentives for renewable energy, KPMG International, head of global energy and natural resources tax practice. Versão eletrónica acessado em, 31-05-16 em: <https://www.kpmg.com/Global/en/IssuesAndInsights/ArticlesPublications/Documents/taxes-incentives-renewable-energy-v1.pdf>

Brisal (2016). A A17 – Autoestrada do Litoral Centro tem uma extensão de 92 quilómetros, ligando a Marinha Grande a Mira, site oficial da Brisal todos os direitos reservados a Brisal, Auto-estradas do Litoral. Acessado em, 16-07-16, em: <http://www.brisal.pt/rede.asp>

- BuildEdge Pro (2015). Construction extension for SketchUp, example of function. Acedido em, 10-07-16 em: <http://www.sketchup3dconstruction.com/skp/buildedge-pro-for-sketchup.htm>
- Cain, F. (2016). How far is earth from the sun? Universe Today and Astronomy Cas. Acedido em, 09-05-16 em: <http://www.universetoday.com/14437/how-far-is-earth-from-the-sun/>
- Carneiro, J. (2009). Dimensionamento de Sistemas Fotovoltaicos Sistemas Ligados à Rede e Sistemas Autónomos, Escola de Engenharia-Universidade do Minho, Projeto Interdisciplinar II, 2º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia Têxtil. Versão eletrónica acedido em, 13-07-16 em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/16965/1/DIMENSIONAMENTO%20DE%20SISTEMAS%20FOTOVOLTAICOS.pdf>
- CEE Bankwatch Network (2015). European Neighbourhood Countries and the EU's energy interests. Versão eletrónica acedido, acedido em, 14-05-16 em: <http://bankwatch.org/ENP-energy>
- CHAdEMO (2016, b). Technological details about CHAdEMO. Acedido em, 27-06-16 em: <http://www.chademo.com/wp/technology/details/>
- CHAdEMO (2016, c). Interface conector, CHAdEMO association and protocol. Versão eletrónica acedido em, 27-06-16 em: <http://chademo.com/pdf/interface.pdf>
- CHAdEMO (2016). CHAdEMO Association and protocol. Versão eletrónica acedido em, 15-07-16 em: http://www.chademo.com/wp/wp-content/uploads/2016/04/brochure_04.2016.compressed.pdf
- Clem, D. (2012). Photovoltaic cell, Past, Present, and Future of Solar Energy, 29-04-2012, acedido em, 15-07-16: <http://cleanergreen.blogspot.pt/2012/04/past-present-and-future-of-solar-energy.html?view=mosaic>
- Couture, T. et Cory, K. et Kreycik, C. et Williams, E. (2010). Feed-in-Tariffs vs. Feed-in-Premium Policies, Excerpt from NREL (National Renewable Energy Laboratory) Technical Report “A Policymaker’s Guide to Feed-in Tariff Policy Design”. Acedido em, 31-05-16 em: http://helapco.gr/pdf/FiT_vs_FiP_NREL.pdf
- CTE (2015). Guia técnico das instalações elétricas para a alimentação de veículos elétricos Comissão Técnica de Normalização Eletrotécnica- CTE e Direção Geral De Energia e Geologia (DGEG). Versão online acedido em, 23-06-16 em: https://www.certiel.pt/c/document_library/get_file?uuid=e0c2060a-a712-4ff5-9bf7-7dd56df68060&groupId=10100
- Dantas, H. (2016). Créditos de Carbono como Direito a Poluição, Congresso AJES, Faculdade do Vale do Juruena – AJES. Acedido em, 31-05-16 em: <http://www.site.ajes.edu.br/direito/arquivos/20131030201112.pdf>
- Davis, S. (2011). Solar Power Warms to Distributed PV Systems, Electronic Design. Versão eletrónica acedido em, 13-07-16, em: <http://electronicdesign.com/power/solar-power-warms-distributed-pv-systems>

DGEG (2015). Registo de Unidades de Produção, Despacho nº 22 / SERUP / DGEG / 2015, publicação da programação anual de alocação da quota de potência acedido com aprovação do ministério da economia. Acedido em, 08-07-16 em: <http://www.dgeg.pt/>

DL (2014). Acesso e exercício das atividades de produção para autoconsumo, Ministério Do Ambiente, Ordenamento Do Território E Energia, Decreto-Lei n.º 153/2014, publicado em diário da república, 1.ª série N.º 202 ,20-11-2014. Acedido em, 08-07-16 em: <https://dre.pt/application/file/58428682>

Donella, H. et Dennis, L. et Jorgen, R. et William, W. (1972). Limits of growth, Second publication 1972, Universe Books NEW YORK, ISBN 0-87663-165-0 acedido em, 22-06-16 em: <http://www.donellameadows.org/wp-content/userfiles/Limits-to-Growth-digital-scan-version.pdf>

EC (2015). Best practices on Renewable Energy Self-consumption, European Commission, Brussels 2015. Acedido em, 31-05-16 em: http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/1_EN_autre_document_travail_service_part1_v6.pdf

Emadi, A. (2014). *Advanced Electric Drive Vehicles*, V1, CRC press editors taylor and francis group, version date 20140825, SBN 9781466597693.

EN 109 (2015) Circula seguro, EN109 a estrada da morte na Figueira da Foz, acedido em, 13-07-16, em: <http://www.circulaseguro.pt/instituicoes-e-legislacao/en-109-estrada-da-morte-na-figueira-da-foz>

EN 61851-1 (2011). Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements, European Standard Norme. Acedido em, 14-07-16 em: <http://pp.bukovci.si/61851/SIST+EN+61851-1+2011.pdf>

ERSE (2016). Tarifas transitórias de venda a clientes finais em Portugal continental em 2016, Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos Versão eletrónica acedido em 22-07-16, em: http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2016/Documents/PrecosTVCF%20PTCont_2016.pdf

E-Series (2016). Solar Panels Advantages, High Performance, Excellent Durability site oficial da Sunpower, 13-07-16, .Acedido em, 13-07-16, em: <https://us.sunpower.com/solar-panels-technology/e-series-solar-panels/>

EV1 (2013). Quem matou o carro elétrico EV1 da General Motors, Portal Energia. Versão online acedido em 03-06-16 em: <http://www.portal-energia.com/quem-matou-o-carro-eletrico-ev1-da-general-motors/>

Extension Warehouse (2016). Trimble Navigation Limited, Find and install add-ons for SketchUp. Acedido em, 08-07-16 em: <http://extensions.sketchup.com/>

Ferreira, R. (2008). Painéis fotovoltaicos modelo teórico. Acedido em, 29-06-16, em: http://paginas.fe.up.pt/~ee03195/Carro_Solar/PaineisModeloTeorico.html

- Freitas, E. (2016). Movimento de translação, todos os direitos reservados a Rede Omnia, acessado em, 21-07-16, em: http://alunosonline.uol.com.br/geografia/movimento-translacao.html#disqus_thread
- Gifford, J. (2016). SunPower claims 22.8% module record, versão online PV Magazine, record de eficiência em uma célula fotovoltaica. Acessado em, 13-07-16, em: http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/sunpower-claims-228-module-record_100023318/#axzz4EEpeOZFF
- Gil, G., Poseiro, P., Duarte, D. (2015). Modelação da radiação solar em ambiente urbano: estudo comparativo entre o Solar Analyst e o R. Sun, Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, Departamento de Matemática da Universidade de Coimbra, OET - Ordem dos Engenheiros Técnicos. Acessado em, 26-06-16 em: http://viiiicng.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/VIIICNCG/cncg2015_comunicao_3.pdf
- Google maps (2016). Geolocalização estação de serviço Vagos, entido S-N, dados do mapa Google 2016, *print stren* do efetuado pelo autor em 20-07-16 em: <https://www.google.pt/maps/place/40%C2%B030'26.0%22N+8%C2%B040'03.0%22W/@40.5070639,-8.6683907,343a,20y,47.32h,7.28t/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d40.507212!4d-8.667495>
- História.VE (2009). História dos veículos elétricos, 14-09-2009, acessado em, 03-06-16 em: <http://www.veiculoselectricospt.com/historia-dos-veiculos-electricos/>
- Homar (2014). Unidades de pequena produção (UPP), baseado no decreto lei 153. Versão online acessado em, 31-05-16 em: <http://homar.pt/wp/pequena-producao-upp/>
- Iqbal, H. (2010). *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*, second edition (2010), CRC press editors taylor and francis group, ISBN 9781439811757
- Keymark Enterprises (undated). BuildEdge PRO User`s Manual, version v.1.04, acessado em, 10-07-16 em: <http://manualzilla.com/doc/5705136/buildedge-pro-user-s-manual?page=1>
- Lenz, A. (2014). Veículos Automotivos Movidos a Eletricidade, Faculdade Senai de São Paulo, Curso de Tecnologia em Automação Industrial. Acessado em, 28-06-16 em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAfOLEAI/veiculos-automotivos-movidos-a-eletricidade?part=7>
- Loveday, E. (2016). 188-Year-Old History Of Electric Cars, 01-05-2016, acessado em, 03-06-16 em: http://insideevs.com/188-year-old-history-electric-cars-one-gif/?utm_content=buffer09ee8&utm_medium=social&utm_source=facebook.com&utm_campaign=buffer
- LugenErgy (2016). Tipos de Carregamento Rápido e carregamento Lento, página oficial da lugenergy Acessado em, 23-06-16 em: <http://www.lugenergy.pt/tipos-de-carregamento-4modos/>

- Maia, A. (2015). FEUP e Efacec vendem por 5 milhões tecnologia inovadora, excerto do Jornal de Notícias. Versão eletrónica acedido em, 28-06-16, em: http://www.josedemello.com/gjm_press_05.asp?lang=pt&empresa=17¬icia=8831
- Manske, M. (2012). Peak-power-average-power-tau-T.png, imagem de domínio livre sem restrição de autor. Acedido em, 21-07-16, em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peak-power-average-power-tau-T.png>
- Manual G.T.E.S.F (2004). Manual e Guia Técnico de Energia Solar Fotovoltaica Tecnologias, projeto “Greenpro”, Instituto Superior Técnico, Portal Energia Acedido em, 31-05-16 em: <http://www.portal-energia.com/manual-e-guia-tecnico-de-energia-solar-fotovoltaica-tecnologias-projecto-e-instalacao/>
- Masson, G. et Orlandi, S, et Rekinge, M. (2014). Global Market Outlook for Photovoltaics European 2014-2018, Publication coordination: Benjamin Fontaine, Sinead Orlandi. Photovoltaic Industry Association (EPIA) and Intersolar Europe.
- McCarter, A. (2016). The Best Solar Panels of 2016,review about SunPower E20/327, acedido em, 13-07-16, em: <http://solar-panels-review.toptenreviews.com/sunpower-solar-panels-review.html>
- McCrone, A. et Françoise d’Estais et Usher, E. (2016). Global Trends in Renewable Energy Investment 2016, Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, Frankfurt School of Finance and Management Bloomberg new energy finance, (UNEP) United Nations Environment Programme.
- Mobi, E. (2010). Implementação da mobi.e em Portugal, rede de postos de carregamento, responsável INTELI – Inteligência em Inovação. Acedido em, 03-06-16 em: <http://www.mobie.pt/mobie>
- Moreno, F. (2016). Vão nascer 2.400 postos de abastecimento de carros elétricos, Antena 1 direitos RTP. Versão online acedido em, 03-06-16 em: http://www.rtp.pt/noticias/pais/vao-nascer-2400-novos-postos-de-abastecimento-eletrico-em-todo-o-pais_a914064
- NASA (2010) Science Mission Directorate. "The Earth's Radiation Budget", direitos reservados a NASA GPM. Acedido em, 12-05-16 em: http://missionscience.nasa.gov/ems/13_radiationbudget.html
- NASA (2013). Earth's Energy Budget, direitos reservados a NASA GPM acedido em, 22-06-16 em: <http://nasawavelength.org/resource/nw-000-000-003-811>
- OMIE (2015). Máximo, mínimo e médio do preço de eletricidade do mercado anual, Operador do mercado ibérico de energia, base de dados baseada nos preços dos mercados europeus. Acedido em, 05-09-16, em: http://www.omie.es/reports/index.php?report_id=311&lang=pt#
- Oswaldo, L. S., Pereira e Felipe, F. (2008). Dimensionamento de Inversores Para Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede Elétrica Estudo de Caso Do Sistema de Tubarão, Revista Brasileira de Energia. Versão eletrónica acedido em, 13-07-16 em: <http://www.sbpe.org.br/socios/download.php?id=219>

PE (2015). Solar Power in Europe, Generation Power and Energy in the European Union, Power and energy. Acedido em, 30-05-16 em: <http://one-europe.info/eurographics/solar-power-in-europe>

Pinho, J., Galdino, M. (2014). Manual de energia para sistemas fotovoltaicos, Cepel - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, grupo de trabalho de energia solar, Rio de Janeiro.

Portal energia (2015), Descubra quais os painéis solares fotovoltaicos mais eficientes Eficiência dos vários fabricantes de painéis, 22-10-2015, acedido em, 17-07-16, em: <http://www.portal-energia.com/decubra-quais-os-paineis-solares-fotovoltaicos-mais-eficientes/>

R7 notícias (2010). Entenda a crise na Europa, versão eletrónica do portal de noticias do R7, todos dos direitos reservados ao Portal de serviços R7. Acedido em, 31-05-16 em: <http://noticias.r7.com/economia/noticias/entenda-a-crise-na-europa-20100526.html>

Repsol (2014). International agency (World Energy Outlook 2013) and Repsol technical secretary division. Acedido em 22-06-16, em: https://www.repsol.com/es_en/corporacion/conocer-repsol/contexto-energetico/matriz-energetica-mundial/

Robert, P. et Arndt, R. (2015). Basic Understanding of IEC Standard Testing for Photovoltaic Panels TUV SUD Product Service America, Standard Test Conditions. Versão eletrónica acedido em, 29-06-16, em: <http://www.tuvamerica.com/services/photovoltaics/articlebasicunderstandingpv.pdf>

RubySoft (2016). Presents 3d Window extension for SketchUp. Acedido em, 10-07-16 em: <http://www.rubysoft.nl/>

Rubysoft EC-Manual (2016). 3D Window Manual function and meaning of the icons. Versão online acedido em, 12-07-16 em: <http://www.rubysoft.nl/service/ec-manual/>

SEAI (undated). Best Practice Guide – Photovoltaics (PV), Sustainable Energy Authority of Ireland's. Versão eletrónica acedido em, 13-07-16, em: http://www.seai.ie/Publications/Renewables_Publications_/Solar_Power/Best_Practice_Guide_for_PV.pdf

SGORME (2011). Formas de Carregamento de Veículos Elétricos em Portugal Sociedade Gestora de Operações da Rede de Mobilidade Elétrica (SGORME), Mobi.E mobilidade elétrica.

Sheehan, S., Revolta, D. (2016). Norway considers ban on petrol and diesel cars by 2025. Versão online da, Autocar acedido em, 18-07-16 em: <http://www.autocar.co.uk/car-news/green-cars/dutch-government-wants-ban-petrol-and-diesel-cars>

Shukla, A. (2009) Schematic drawing of electric vehicle, V2G capable vehicle. Funcionamento do veículo elétrico Versão online acedido em, 08-07-16 em: https://www.dolcera.com/wiki/index.php?title=File:V2G_capable_vehicle.jpg

Skelion pro (2016). Support package extension for SketchUp, website official. Acedido em, 10 -07-16 em: http://skelion.com/en/skelion_pro.htm

Soares, I. (2012), Mobilidade Elétrica e a Sociedade do Futuro, Tese de Mestrado em Metropolitização, Planeamento Estratégico e Sustentabilidade, Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas.

SolarGIS (2013). World map of global horizontal irradiation, geomodel solar. Acedido em, 25-06-16 em: <http://geosun.co.za/wp-content/uploads/2014/10/GHI-Solar-map-World.png>

SolarGIS (2015). Adaptação do autor, solar resource maps for Portugal, Global Horizontal Irradiation (GHI), geomodel solar. Acedido em, 25-06-16 em: <http://solargis.com/products/maps-and-gis-data/free/download/portugal>

SolarGIS (2015 b). Global horizontal irradiation in Portugal, GHI solar map, adaptação do autor, acedido em, 21-07-16, em: <http://solargis.com/assets/graphic/free-map/GHI/Solargis-Portugal-GHI-solar-resource-map-en.png>

Supercharger (2016). The World's Fastest Charging Station, Tesla Motors. Acedido em, 28-06-16 em: https://www.teslamotors.com/en_EU/supercharger

Supercharger Station (2013). How it works the SuperCharger Station, technical details, acedido em, 28-06-16 em: <https://forums.teslamotors.com/forum/forums/updated-how-it-works-supercharger-station>

Tesla Motors (2016). Tesla's mission is to accelerate the world's transition to sustainable energy, site oficial da Tesla. Versão online acedido em 03-06-16 em: <https://www.tesla.com/about>

Tessaro, A., Souza, S., Ricieri, R., Ferruz, Y. (2006). Desempenho de um painel fotovoltaico acoplado a um rastreador solar, Encontro de Energia no Meio Rural Campinas (SP, Brazil) Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

Trimble (2016). Information about Trimble, site oficial da Trimble. Acedido em, 10-07-16 em: http://www.trimble.com/Corporate/About_Trimble.aspx

TVI24 (2016 b). Recorde: durante quatro dias, Portugal só consumiu energia renovável, ZERO – Associação Sistema Terrestre Sustentável e Associação Portuguesa de Energias Renováveis (APREN), média capital. Versão eletrónica acedido em, 22-06-16 em: http://www.tvi24.iol.pt/sociedade/ambiente/recorde-durante-quatro-dias-portugal-so-consumiu-energia-renovavel?utm_campaign=ed-tvi24&utm_source=facebook&utm_medium=social&utm_content=-post

TVI24 (2016). Portugal poupa 1,2 mil ME com energias renováveis, versão eletrónica, redação /BV média capital. Versão eletrónica, acedido em, 22-06-16 em: <http://www.tvi24.iol.pt/economia/eolica/portugal-poupa-1-2-mil-milhoes-com-energias-renovaveis>

U.S. department of energy (2014, b). Electric Machines and Power Electronics, Figure 1. Versão online acedido em, 08-07-16 em: http://autocaat.org/Technologies/Electric_Machines_and_Power_Electronics/

U.S. department of energy (2014). Timeline: History of the electric car. Versão online acedido em, 03-06-16 em: <http://energy.gov/articles/history-electric-car>

X-Series (2016). Solar Panels Advantages, Unmatched Performance, Reliability and Aesthetics, site oficial da Sunpower .Acedido em, 13-07-16, em: <https://us.sunpower.com/solar-panels-technology/x-series-solar-panels/>

Zamostny.D (2016). Solar history and photovoltaic effect SolarEnergyWorld. Acedido em, 28-06-16 em: <http://www.solarenergyworld.com/2011/06/17/solar-history-alexandre-edmond-becquerel/>

Anexos

Anexo 1 – Ficheiro DWG, consultar no CD

Anexo 2 - Características dos painéis fotovoltaicos

SUNPOWER

MODULE SOLAIRE E19 / 320

PERFORMANCE ET RENDEMENT MAXIMUM

AVANTAGES

Le rendement le plus élevé
Les Modules Solaires SunPower® sont les modules photovoltaïques les plus performants disponibles sur le marché.


Plus d'énergie
Nos modules produisent plus d'énergie par unité de surface: jusqu'à 50% de plus que les modules conventionnels et 100% de plus que les modules de type couche mince.

Coût d'installation réduit
Le rendement élevé du module minimise considérablement le nombre de modules par installation. D'où une économie de temps et d'argent.

Conception fiable et résistante
Des matériaux ayant fait leurs preuves, tels que la vitre avant en verre trempé et le cadre anodisé résistant, assurent un fonctionnement optimum du module quelles que soient les configurations d'installation.


<http://realgoods.com/sunpower-320w-mono-black-frame-solar-panel>

O preço é de 560\$



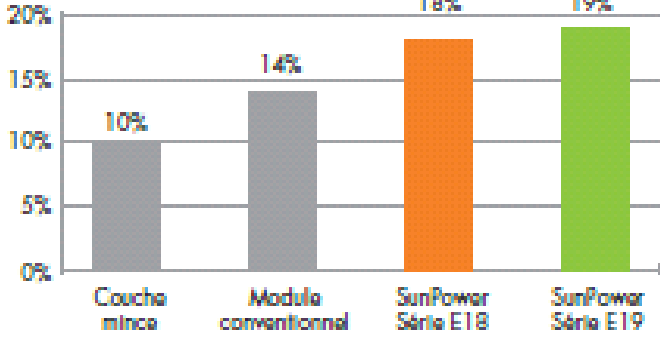
SÉRIE E19

Le panneau solaire le plus puissant de la planète.
Le Module Solaire SunPower® 320 offre le rendement le plus élevé et les meilleures performances du marché. Les 96 cellules photovoltaïques à contact arrière qui composent le module SunPower 320 offrent un rendement de 19,6%. Le coefficient tension-température réduit du module, son verre anti-reflets et son excellente performance par faible luminosité lui permettent de produire une quantité d'énergie exceptionnelle par watt crête.







SPR-320E-WHT-D

L'avantage des modules SunPower haut rendement



Type de module	Rendement (%)
Couche mince	10%
Module conventionnel	14%
SunPower Série E18	18%
SunPower Série E19	19%

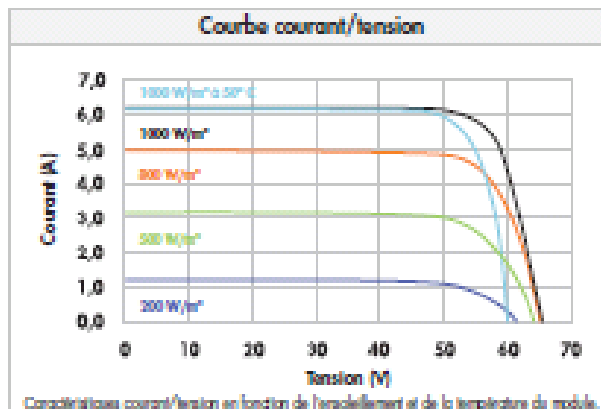
SUNPOWER

MODULE SOLAIRE E19 / 320

PERFORMANCE ET RENDEMENT MAXIMUM

Caractéristiques électriques		
Valeurs des caractéristiques de test standard : irradiance de 1000W/m ² , AM1,5 et température de cellule de 25°C		
Puissance nominale (+5/-3%)	P _{nom}	320 W
Rendement	η	19,6 %
Tension à puissance maximale	V _{pm}	54,7 V
Courant à puissance maximale	I _{pm}	5,86 A
Tension en circuit ouvert	V _{oc}	64,8 V
Courant de court-circuit	I _{cc}	6,24 A
Tension maximale du système	IEC	1000 V
Coefficients de température	Puissance (P)	-0,38% / K
	Tension (V _{oc})	-176,6mV / K
	Courant (I _{cc})	3,5mA / K
NOCT		45° C +/- 2° C
Valeur nominale des câbles de série		20 A
Limite de courant de retournement (3 strings/rangées)	I _r	15,6 A

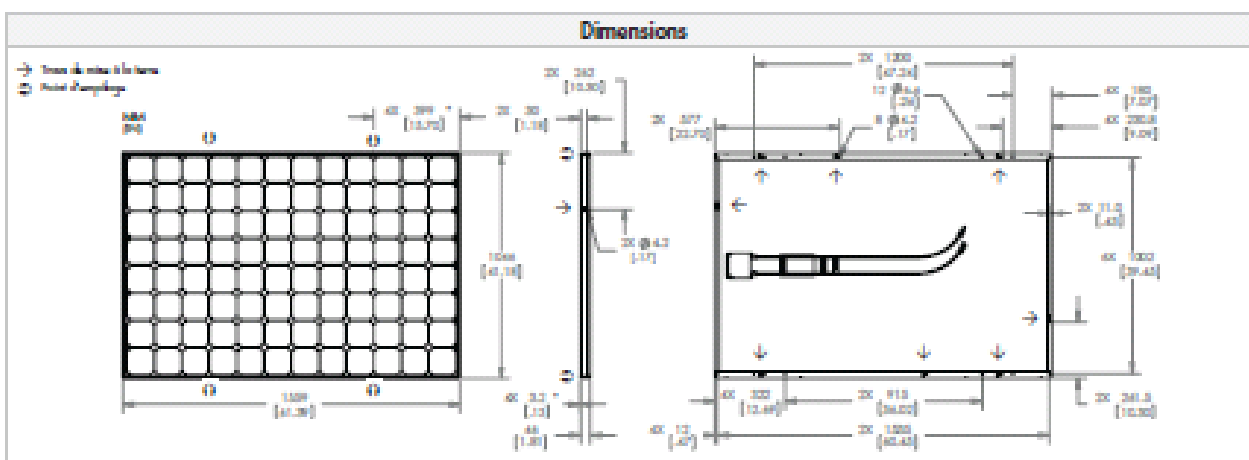
Caractéristiques électriques		
Valeurs à température nominale d'opération de la cellule (NOCT) : irradiance de 800W/m ² , 20° C, AM1,5		
Puissance nominale	P _{nom}	238 W
Tension à puissance maximale	V _{pm}	50,4 V
Courant à puissance maximale	I _{pm}	4,72 A
Tension en circuit ouvert	V _{oc}	60,7 V
Courant de court-circuit	I _{cc}	5,05 A



Conditions de fonctionnement testées	
Température	-40° C à +85° C
Charge maximale	550 kg/m ² (5x400 Pa), à l'avant - par ex. pour la neige avec des configurations de fixation spécifiques 2x5kg/m ² (2x400 Pa) à l'arrière et à l'arrière - par ex. pour le vent
Résistance à l'impact	Grille: 25 mm avec une vitesse de 23 m/s

Garanties et certifications	
Garantie	Performance: 25 ans Produit: 10 ans
Certifications	IEC 61215 Ed. 2, IEC 61730 (SC1)

Caractéristiques mécaniques			
Cellules photovoltaïques	96 cellules monocristallines SunPower à contact arrière	Câbles de sortie	Longueur de 1000 mm/connecteurs MultiContact (MC-4)
Vitre avant	Vitre trempée avec une couche anti-reflets (AR) pour une haute transmission	Cadre	Alliage d'aluminium anodisé de type 6063 (argent); points d'impléger
Boîtier de connexion	Classé IP65 avec 3 diodes de dérivation 32 x 155 x 128 (mm)	Poids	18,6 kg



Anexo 3 – Dados dos inversores

SUNNY TRIPOWER
20000TL / 25000TL



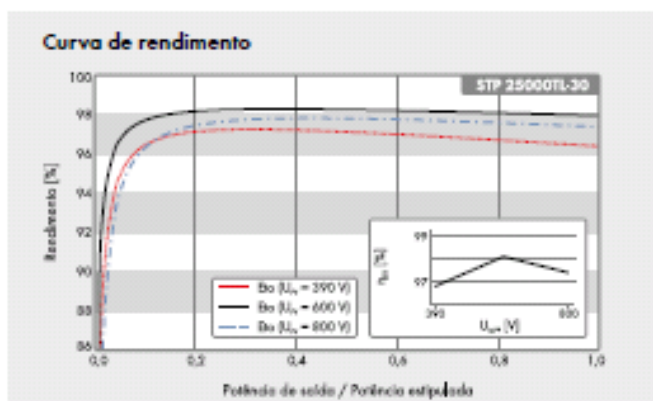
SUNNY TRIPOWER 20000TL/25000TL

<p>Rentável</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rendimento máximo de 98,4% 	<p>Seguro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descarregador de sobretensões CC Integrado (SPD tipo II) 	<p>Flexível</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensão de entrada CC até 1000 V • Dimensionamento preciso do sistema graças ao conceito multistring • Visor opcional 	<p>Inovador</p> <ul style="list-style-type: none"> • Funções de gestão da rede orientadas para o futuro graças ao Integrated Plant Control • Disponibilização de potência reactiva a qualquer hora (Q on Demand 24/7)
---	---	---	--





SUNNY TRIPOWER
20000TL / 25000TL

O especialista flexível para grandes sistemas comerciais e centrais fotovoltaicas

O Sunny Tripower 20000TL/25000TL é o inversor ideal para grandes sistemas fotovoltaicos na área comercial e industrial. A sua eficiência de 98,4% permite-lhe não só assegurar rendimentos extraordinariamente elevados, como também oferecer uma elevada flexibilidade de dimensionamento e compatibilidade com muitos módulos fotovoltaicos disponíveis, graças ao seu conceito multistring aliado a um intervalo de tensão de entrada alargado. A orientação para o futuro traduz-se na integração de novas funções de gestão da rede como, p. ex., o Integrated Plant Control, que permite ao inversor executar sozinho uma regulação da potência reactiva no ponto de ligação à rede. Com isto, deixam de ser necessárias unidades de regulação superiores, reduzindo os custos do sistema. Outra novidade é a disponibilização de potência reactiva a qualquer hora (Q on Demand 24/7).



Acessórios

-  Interface RS485 DM485CB-10
-  Power Control Module PWCMD-10
-  Desarmador de sobretensões CC tipo II, entrada A e B DCSPD KTS-10
-  Relé multifunções MTR01-10

● Equipamento de série ○ Opcional – Não disponível
 Dados em condições nominais
 Versão: Janeiro de 2016

Dados técnicos	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Entrada [CC]		
Potência CC máx. [a cos φ = 1] / potência atribuída CC	20440 W / 20440 W	25550 W / 25550 W
Tensão máx. de entrada	1000 V	1000 V
Intervalo de tensão MPP / tensão atribuída de entrada	320 V a 800 V / 600 V	390 V a 800 V / 600 V
Tensão mín. de entrada / tensão de entrada inicial	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Corrente máx. de entrada Entrada A / Entrada B	33 A / 33 A	33 A / 33 A
Número de entradas MPP independentes / strings por entrada MPP	2 / A;3; B;3	2 / A;3; B;3
Saída [CA]		
Potência atribuída [a 230 V, 50 Hz]	20000 W	25000 W
Potência aparente CA máx.	20000 VA	25000 VA
Tensão nominal CA	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V	180 V a 280 V
Intervalo de tensão CA	50 Hz / 44 Hz a 55 Hz 60 Hz / 54 Hz a 65 Hz	50 Hz / 230 V
Frequência de rede CA / intervalo	29 A / 29 A	36,2 A / 36,2 A
Frequência de rede atribuída / tensão de rede atribuída	1 / 0 sobrecarregado a 0 subcarregado	≤ 3%
Corrente máx. de saída / corrente atribuída de saída	3 / 3	3 / 3
Factor de potência na potência atribuída / Factor de desfasamento ajustável	98,4% / 98,0%	98,3% / 98,1%
THD		
Fases de injeção / fases de ligação		
Rendimento		
Rendimento máx. / europeu		
Dispositivos de protecção		
Ponto de seccionamento no lado de entrada	●	
Monitorização da ligação à terra / monitorização da rede	● / ●	
Desarmador de sobretensões CC: SPD tipo II	○	
Protecção contra inversão de polaridade CC / Realimentação a circuitos CA / Galvanicamente separado	● / ● / -	
Unidade de monitorização de corrente residual sensível a todas as correntes	●	
Classe de protecção (conforme a IEC 62109-1) / categoria de sobretensão (conforme a IEC 62109-1)	1 / AC-III; DC-II	
Dados gerais		
Dimensões [L / A / P]	661 / 682 / 264 mm [26,0 / 26,9 / 10,4 in]	
Peso	61 kg [134,48 lb]	
Gama de temperatura de serviço	-25°C a +60°C [-13°F a +140°F]	
Emissões sonoras, típicas	51 dB(A)	
Autoconsumo (solte)	1 W	
Topologia / princípio de refrigeração	Sem transformador / OptiCool	
Grau de protecção (conforme a IEC 60529)	IP65	
Classe de condições ambientais (conforme a IEC 60721-3-4)	4K4H	
Valor máximo admissível da humidade relativa (sem condensação)	100%	
Equipamento / função / acessórios		
Ligação CC / ligação CA	SUNCLIX / terminal de mola	
Visor	○	
Interface: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●	
Interface de dados: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●	
Relé multifunções / Power Control Module	○ / ○	
OptiTrack Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●	
Capacidade offgrid / Compatível com SMA Fuel Save Controller	● / ●	
Garantia: 5 / 10 / 15 / 20 / 25 anos	● / ○ / ○ / ○ / ○	
Homologações e certificações (mais a pedido)	AHRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11/2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438*, GSP/3, IEC 60068-2-6, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MSA 2013, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, REA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Rel. n.º 7.2013, 24777, UTE C15.712-1, VDE 0136-1-1, VDE ARH 4105, VFR 2014	
* Não se aplica a todas as áreas nacionais da EN 50438		
Designação do modelo	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30

Anexo 4- Média da radiação solar anual PVGIS

Monthly Solar Irradiation

PVGIS Estimates of long-term monthly averages

Location: 40°30'27" North, 8°40'2" West, Elevation: 30 m a.s.l.,

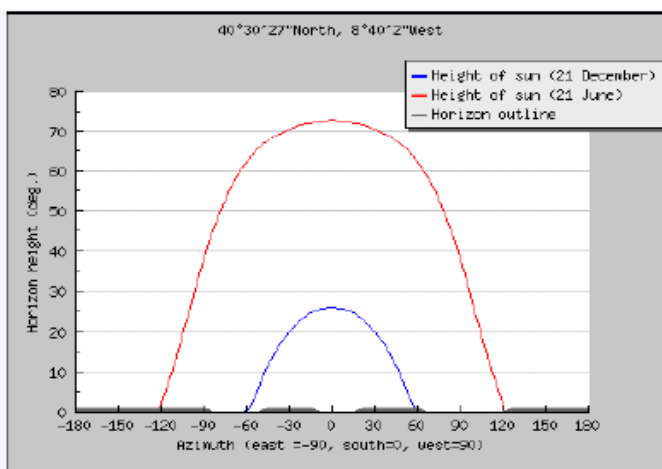
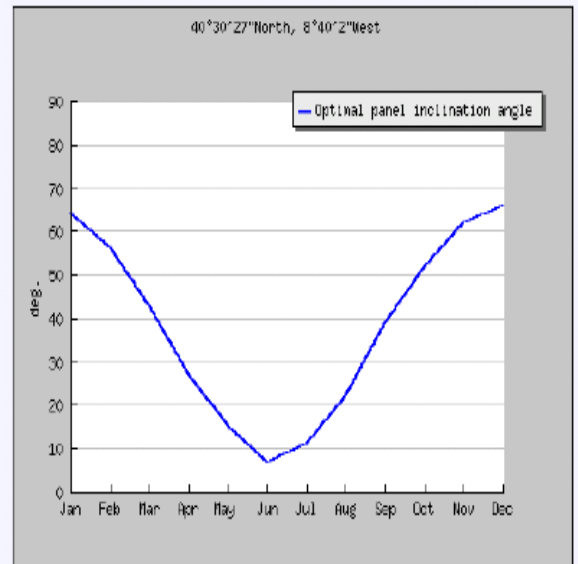
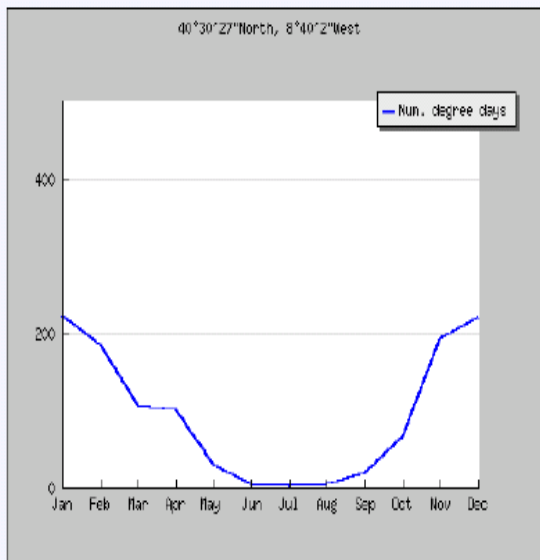
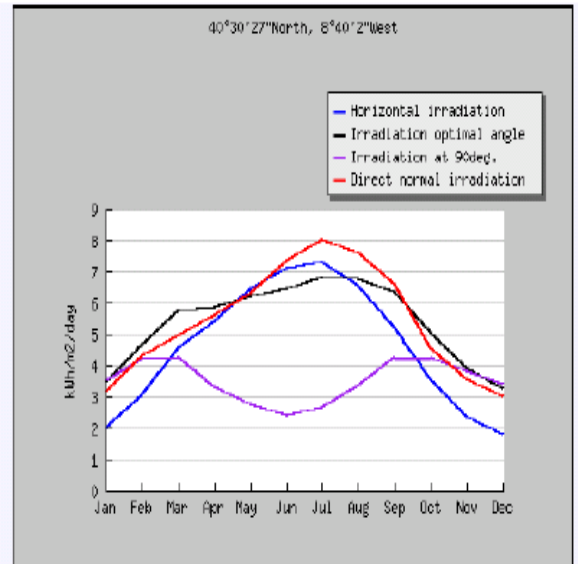
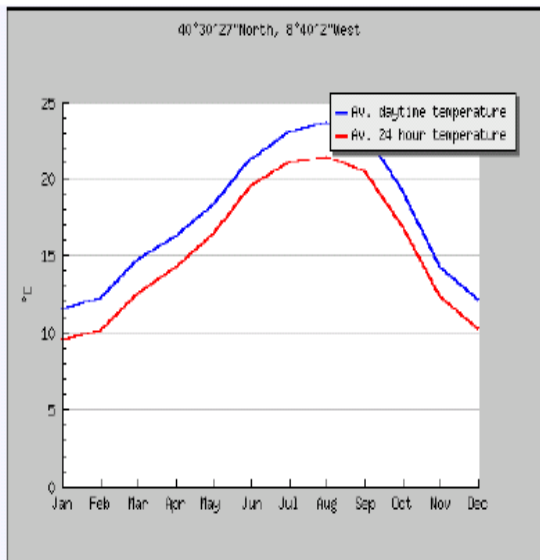
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Optimal inclination angle is: 36 degrees

Annual irradiation deficit due to shadowing (horizontal): 0.0 %

Month	H_h	H_{opt}	$H(90)$	DNI	I_{opt}	T_L	D/G	T_D	T_{24h}	N_{DD}
Jan	2000	3470	3500	3160	64	2.3	0.45	11.5	9.5	222
Feb	3040	4640	4190	4290	56	2.7	0.39	12.2	10.1	183
Mar	4550	5740	4250	4930	43	2.7	0.42	14.7	12.5	106
Apr	5410	5840	3320	5590	27	2.7	0.37	16.2	14.2	100
May	6450	6210	2760	6290	15	3.3	0.35	18.3	16.4	27
Jun	7110	6450	2420	7330	7	3.2	0.30	21.3	19.5	4
Jul	7290	6800	2640	8000	11	3.5	0.26	23.1	21.0	2
Aug	6530	6770	3360	7590	22	3.0	0.26	23.7	21.4	3
Sep	5200	6360	4260	6580	39	3.2	0.27	23.0	20.4	18
Oct	3540	5030	4240	4560	52	3.0	0.39	19.1	16.8	65
Nov	2330	3880	3800	3540	62	2.4	0.43	14.2	12.3	191
Dec	1780	3240	3390	2990	66	2.2	0.46	12.1	10.2	219
Year	4610	5370	3510	5410	36	2.8	0.34	17.5	15.3	1140

 H_h : Irradiation on horizontal plane (Wh/m²/day) H_{opt} : Irradiation on optimally inclined plane (Wh/m²/day) $H(90)$: Irradiation on plane at angle: 90deg. (Wh/m²/day) DNI : Direct normal irradiation (Wh/m²/day) I_{opt} : Optimal inclination (deg.) T_L : Linke turbidity (-) D/G : Ratio of diffuse to global irradiation (-) T_D : Average daytime temperature (°C) T_{24h} : 24 hour average of temperature (°C) N_{DD} : Number of heating degree-days (-)



PVGIS © European Communities, 2001-2012
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged
 See the disclaimer [here](#)

Anexo 5- Radiação solar anual

Performance of Grid-connected PV

NOTE: before using these calculations for anything serious, you should read [\[this\]](#)

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 40°30'27" North, 8°40'2" West, Elevation: 30 m a.s.l.

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 7.7 kW (crystalline silicon)
 Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.8% (using local ambient temperature)
 Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.7%
 Other losses (cables, inverter etc.): 11.6%
 Combined PV system losses: 23.2%

Fixed system: inclination=35°, orientation=-1° (optimum)

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	21.30	661	3.44	107
Feb	28.30	791	4.61	129
Mar	34.10	1060	5.73	178
Apr	34.30	1030	5.85	175
May	36.30	1130	6.24	193
Jun	37.30	1120	6.50	195
Jul	39.10	1210	6.85	212
Aug	38.60	1200	6.80	211
Sep	36.50	1090	6.35	191
Oct	29.60	918	5.01	155
Nov	23.50	705	3.85	116
Dec	20.00	619	3.22	99.7
Yearly average	31.6	961	5.37	163
Total for year		11500		1960

Vertical axis tracking system inclination=0°

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	12.00	372	2.00	62.1
Feb	18.50	519	3.04	85.1
Mar	27.50	853	4.55	141
Apr	32.30	968	5.41	162
May	38.10	1180	6.45	200
Jun	41.30	1240	7.11	213
Jul	42.10	1310	7.29	226
Aug	37.60	1170	6.53	203
Sep	30.30	909	5.20	156
Oct	21.00	651	3.54	110
Nov	13.90	416	2.33	69.9
Dec	10.50	327	1.78	55.3
Yearly average	27.1	825	4.61	140

Total for year	9900	1680
----------------	------	------

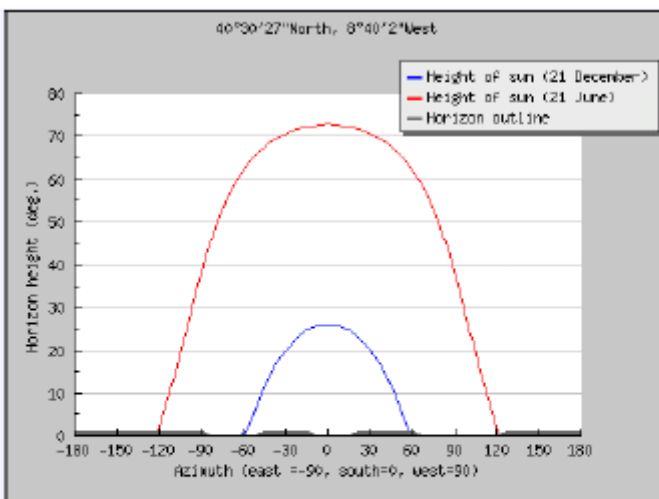
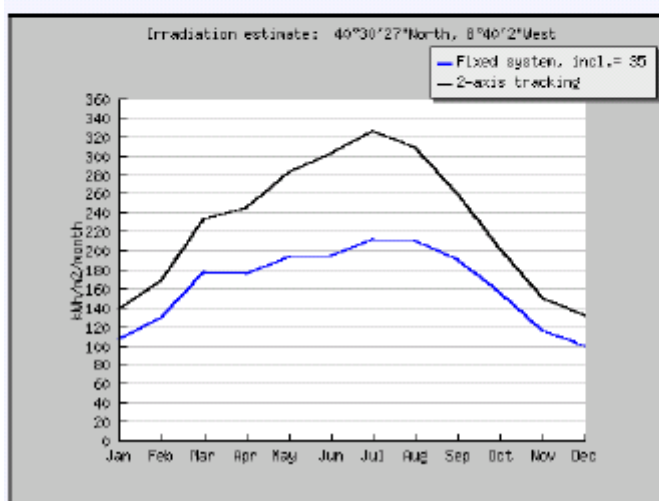
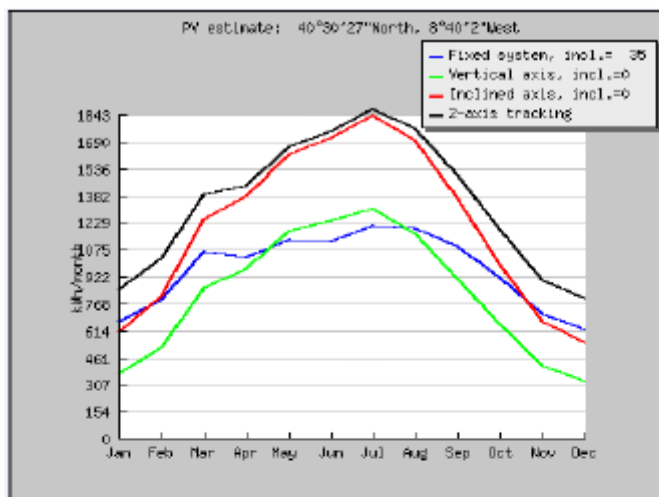
Inclined axis tracking system inclination=0°

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	19.50	606	3.06	95.0
Feb	29.10	814	4.60	129
Mar	40.10	1240	6.56	204
Apr	45.90	1380	7.68	230
May	52.20	1620	8.84	274
Jun	57.10	1710	9.82	295
Jul	59.10	1830	10.20	316
Aug	54.80	1700	9.48	294
Sep	45.40	1360	7.71	231
Oct	31.90	989	5.24	162
Nov	22.20	666	3.54	106
Dec	17.50	542	2.75	85.2
Yearly average	39.6	1210	6.53	199
Total for year		14500		2380

2-axis tracking system

Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	27.40	848	4.48	139
Feb	36.50	1020	6.01	168
Mar	44.60	1380	7.51	233
Apr	48.00	1440	8.14	244
May	53.40	1660	9.10	282
Jun	58.30	1750	10.10	302
Jul	60.50	1880	10.50	325
Aug	56.90	1760	9.94	308
Sep	49.80	1490	8.63	259
Oct	38.20	1190	6.49	201
Nov	30.10	903	5.00	150
Dec	25.70	796	4.21	131
Yearly average	44.2	1340	7.51	228
Total for year		16100		2740

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)
 E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)
 H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)
 H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)



PVGIS © European Communities, 2001-2012
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged
 See the disclaimer [here](#)

Anexo 6- PVWatts AC Energy report



Results

Station and Model Info

	Lat	Lon	Elevation (m)	TZ	City	Country	Resource file
Station	40.200001	-8.420000	140,00	0.0	Coimbra	PRT	085490.tm3
Model	40.507647	-8.667242	31,97	-1.0	Aveiro	Portugal	
Distance (km)	40.114						

Faces analysis

Faces global results

Solar panels	N°P.	P. power (Wp)	P. weight (kg)	DC r. (kWp)	Energy (kWh)	Yield (kWh/kWp)	Shading L. (%)
SunPower:SPR-320E-WHT-D 50	50	320,00	18,60	16,00	18481,30	1155,08	0,39

Results for solar arrays in each face

Face	Model	N°P.	P. power (Wp)	DC r. (kWp)	Weight (kg)	Azimuth	Tilt	Relative tilt	Energy (kWh)	Yield (kWh/kWp)	ΣH_m (kWh/m ² /year)	L	Shading L. (%)
11_0	SunPower:SPR-320E-WHT-D	26	320,00	8,32	483,60	0,00	0,00	0,00	10361,39	1245,36	1567,86	11,93	0,58
6	SunPower:SPR-320E-WHT-D	24	320,00	7,68	446,40	127,54	23,37	0,00	8119,91	1057,28	1332,50	11,55	0,15

Losses

Face	Solling	Shading	Snow	Mismatch	Wiring	Connections	LID	Nameplate r.	Age	Syst. aval.
11_0	2,00	0,58	0,00	2,00	2,00	0,50	1,50	1,00	0,00	3,00
6	2,00	0,15	0,00	2,00	2,00	0,50	1,50	1,00	0,00	3,00
Default	2,00	3,00	0,00	2,00	2,00	0,50	1,50	1,00	0,00	3,00

Monthly Shading Losses (%)

Face	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
11_0	3,34	1,62	0,66	0,11	0,05	0,00	0,02	0,04	0,37	1,33	1,70	3,10
6	0,42	0,26	0,20	0,13	0,09	0,03	0,02	0,04	0,31	0,39	0,47	0,19
Mean	1,88	0,94	0,43	0,12	0,07	0,02	0,02	0,04	0,34	0,86	1,08	1,65

E_d (kWh/day)

Face	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
11_0	14,07	17,93	27,87	35,97	38,78	43,57	43,69	40,23	30,89	21,78	13,88	11,32
6	8,36	12,51	20,62	28,53	32,43	37,65	37,35	33,31	23,88	15,68	9,12	6,89
Σ	22,43	30,45	48,49	64,50	71,21	81,23	81,04	73,53	54,77	37,46	23,00	18,21

E_m (kWh/month)

Face	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
11_0	436,20	502,15	863,94	1079,19	1202,24	1307,23	1354,35	1247,07	926,55	675,22	416,31	350,93
6	259,21	350,38	639,33	855,93	1005,34	1129,64	1157,89	1032,48	716,50	496,17	273,60	213,45
Σ	695,41	852,51	1503,27	1935,12	2207,58	2436,87	2512,24	2279,56	1643,05	1161,40	689,91	564,39

H_d (kWh/day)

Face	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
11_0	2,10	2,62	4,10	5,34	5,81	6,69	6,81	6,26	4,77	3,32	2,04	1,68
6	1,40	2,00	3,30	4,58	5,23	6,22	6,27	5,58	3,99	2,61	1,48	1,14
Mean	1,75	2,31	3,70	4,96	5,52	6,45	6,54	5,92	4,38	2,96	1,76	1,41

H_m (kWh/month)

Face	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
11_0	65,23	73,27	127,18	160,22	180,08	200,68	211,22	194,10	143,20	102,80	61,18	52,09
6	43,52	55,94	102,45	137,34	162,23	186,56	194,22	173,02	119,81	80,91	44,52	35,26
Mean	54,37	64,61	114,81	148,78	171,15	193,62	202,72	183,56	131,51	91,86	52,85	43,67

Yearly average

Face	Edy (kWh/day)	Emy (kWh/month)	Hdy (kWh/m ² /day)	Hmy (kWh/m ² /month)
11_0	28,39	863,45	4,30	130,66
6	22,25	678,66	3,65	111,04
Σ or Mean	50,63	1540,11	3,97	120,85

Groups analysis

Groups global results

Solar panels	N°P.	P. power (Wp)	DC r. (kWp)	Energy (kWh)	Yield (kWh/kWp)	Shading L. (%)
SunPower:SPR-320E-WHT-D 50	320,00	16,00	18481,30	1155,08	0,39	

Results for solar panels grouped by same tilt, azimuth and panel model

Group	Model	N°P.	P. power (Wp)	DC r. (kWp)	Azimuth	Tilt	Energy (kWh)	Yield (kWh/kWp)	ΣH_m (kWh/m ² /year)	L	Shading L. (%)
1	SunPower:SPR-320E-WHT-D	24	320,00	7,68	127,54	23,37	8119,91	1057,28	1332,50	11,55	0,15
2	SunPower:SPR-320E-WHT-D	26	320,00	8,32	0,00	0,00	10361,39	1245,36	1567,86	11,93	0,58

Losses

Group	Soiling	Shading	Snow	Mismatch	Wiring	Connections	LID	Nameplate r.	Age	Syst. aval.
1	2,00	0,15	0,00	2,00	2,00	0,50	1,50	1,00	0,00	3,00
2	2,00	0,58	0,00	2,00	2,00	0,50	1,50	1,00	0,00	3,00
Default	2,00	3,00	0,00	2,00	2,00	0,50	1,50	1,00	0,00	3,00

Monthly Shading Losses (%)

Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0,42	0,26	0,20	0,13	0,09	0,03	0,02	0,04	0,31	0,39	0,47	0,19
2	3,34	1,62	0,66	0,11	0,05	0,00	0,02	0,04	0,37	1,33	1,70	3,10
Mean	1,88	0,94	0,43	0,12	0,07	0,02	0,02	0,04	0,34	0,86	1,08	1,65

Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	8,36	12,51	20,62	28,53	32,43	37,65	37,35	33,31	23,88	15,68	9,12	6,89
2	14,07	17,93	27,87	35,97	38,78	43,57	43,69	40,23	30,89	21,78	13,88	11,32
Σ	22,43	30,45	48,49	64,50	71,21	81,23	81,04	73,53	54,77	37,46	23,00	18,21

E_m (kWh/month)

Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	259,21	350,36	639,33	855,93	1005,34	1129,64	1157,89	1032,48	716,50	486,17	273,60	213,45
2	436,20	502,15	863,94	1079,19	1202,24	1307,23	1354,35	1247,07	926,55	675,22	416,31	350,93
Σ	695,41	852,51	1503,27	1935,12	2207,58	2436,87	2512,24	2279,56	1643,05	1161,40	689,91	564,39

H_d (kWh/day)

Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	1,40	2,00	3,30	4,58	5,23	6,22	6,27	5,58	3,99	2,61	1,48	1,14
2	2,10	2,62	4,10	5,34	5,81	6,69	6,81	6,26	4,77	3,32	2,04	1,68
Mean	1,75	2,31	3,70	4,96	5,52	6,45	6,54	5,92	4,38	2,96	1,76	1,41

H_m (kWh/month)

Group	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	43,52	55,94	102,45	137,34	162,23	186,56	194,22	173,02	119,81	80,91	44,52	35,26
2	65,23	73,27	127,18	160,22	180,08	200,68	211,22	194,10	143,20	102,80	61,18	52,09
Mean	54,37	64,61	114,81	148,78	171,15	193,62	202,72	183,56	131,51	91,86	52,85	43,67

Yearly average

Group	E_{dy} (kWh/day)	E_{my} (kWh/month)	H_{dy} (kWh/m ² /day)	H_{my} (kWh/m ² /month)
1	22,25	676,66	3,65	111,04
2	28,39	863,45	4,30	130,66
Σ or Mean	50,63	1540,11	3,97	120,85

Nomenclature

- NP: Number of panels.
- P: power: Power of the solar panel (Wp).
- DC r.: DC rating (kWp).
- DF: DC to AC Derate Factor (DC r. * DF = AC rating)
- Energy (ΣE_m): Electricity production from the given system in one year (AC energy) (kWh).
- Yield: Ratio between power and energy (kWh/kWp).
- Face: Number assigned to the face with the solar array. (Activate layer TX:Face_names to see what it is).
- Group: Number of the group of solar panels with same tilt, azimuth and model. Azimuth: Solar panel azimuth in grades.
- Tilt: Solar panel tilt in grades.
- Relative tilt: Angle between solar panel and roof in grades.
- L: Losses.
- LID: Light-Induced Degradation.
- E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh/month).
- E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh/day). $E_d = E_m / (\text{month days})$.
- H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²/day).
- H_m : Average monthly sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²/month). $H_m = H_d * (\text{monthly days})$
- E_{dy} : Yearly average of E_d (kWh/day). $E_{dy} = \Sigma E_m / (\text{year days})$
- E_{my} : Yearly average of E_m (kWh/month). $E_{my} = \Sigma E_m / 12$
- H_{dy} : Yearly average of H_d (kWh/m²/day).
- H_{my} : Yearly Average of H_m (kWh/m²/month). $H_{my} = H_{dy} * 365 / 12$
- ΣH_m : Yearly sum of H_m (kWh/m²/year). $\Sigma H_m = H_{dy} * (\text{year days})$

Average Daily Solar Irradiance

PVGIS Estimates of average daily profiles

Results for: January

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Inclination of plane: 35 deg.

Orientation (azimuth) of plane: 0 deg.

Time	G	G _d	G _c	A	A _d	A _c	T _a
04:37	0	0	0	0	0	0	7.4
04:52	0	0	0	0	0	0	7.3
05:07	0	0	0	0	0	0	7.3
05:22	0	0	0	0	0	0	7.3
05:37	0	0	0	0	0	0	7.2
05:52	0	0	0	0	0	0	7.2
06:07	0	0	0	0	0	0	7.2
06:22	0	0	0	0	0	0	7.2
06:37	0	0	0	0	0	0	7.2
06:52	0	0	0	0	0	0	7.2
07:07	0	0	0	0	0	0	7.2
07:22	0	0	0	0	0	0	7.2
07:37	63	30	97	147	36	302	7.3
07:52	104	48	168	229	68	458	7.4
08:07	154	72	254	307	100	601	7.5
08:22	193	84	328	352	108	695	7.7
08:37	231	95	400	388	116	768	7.9
08:52	266	105	468	418	122	827	8.1
09:07	300	113	532	442	128	875	8.3
09:22	330	121	593	463	133	913	8.6
09:37	359	128	650	480	137	945	9.0
09:52	385	134	702	494	141	971	9.3
10:07	408	140	749	506	144	993	9.7
10:22	429	144	792	516	147	1010	10.1
10:37	447	148	830	525	149	1030	10.5
10:52	463	151	863	531	151	1040	10.9
11:07	476	153	890	537	152	1050	11.3
11:22	487	155	913	541	153	1050	11.7

11:37	495	157	929	544	154	1060	12.0
11:52	500	158	940	546	155	1060	12.3
12:07	503	158	946	547	155	1060	12.6
12:22	503	158	946	547	155	1060	12.9
12:37	500	158	940	546	155	1060	13.1
12:52	495	157	929	544	154	1060	13.3
13:07	487	155	913	541	153	1050	13.4
13:22	476	153	890	537	152	1050	13.6
13:37	463	151	863	531	151	1040	13.6
13:52	447	148	830	525	149	1030	13.7
14:07	429	144	792	516	147	1010	13.7
14:22	408	140	749	506	144	993	13.6
14:37	385	134	702	494	141	971	13.6
14:52	359	128	650	480	137	945	13.5
15:07	330	121	593	463	133	913	13.3
15:22	300	113	532	442	128	875	13.1
15:37	266	105	468	418	122	827	12.9
15:52	231	95	400	388	116	768	12.7
16:07	193	84	328	352	108	695	12.4
16:22	154	72	254	307	100	601	12.1
16:37	104	48	168	229	68	458	11.9
16:52	63	30	97	147	36	302	11.6
17:07	0	0	0	0	0	0	11.3
17:22	0	0	0	0	0	0	11.0
17:37	0	0	0	0	0	0	10.7
17:52	0	0	0	0	0	0	10.5
18:07	0	0	0	0	0	0	10.2
18:22	0	0	0	0	0	0	10.0

The time shown is local solar time. To find GMT time, add 0.58 hours

G: Global irradiance on a fixed plane (W/m²)

G_d: Diffuse irradiance on a fixed plane (W/m²)

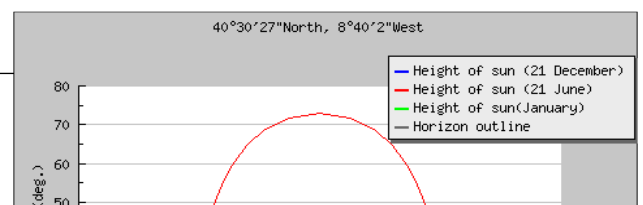
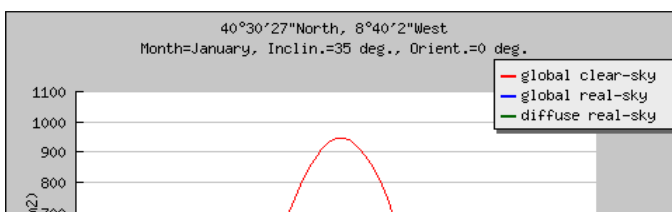
G_c: Global clear-sky irradiance on a fixed plane (W/m²)

A: Global irradiance on 2-axis tracking plane (W/m²)

A_d: Diffuse irradiance on 2-axis tracking plane (W/m²)

A_c: Global clear-sky irradiance on 2-axis tracking plane (W/m²)

T_a: Average daytime temperature profile (°C)



Anexo 8- Ficheiro Excel só disponível em CD, devido à formatação.

Anexo 9-Ficheiro Excel só disponível em CD, devido à formatação, dados da ACP e EDP.