



Mestrado em Engenharia Eletromecânica

Projeto de sistema de alimentação elétrica de
habitação isolada com autoprodução e
armazenamento de energia elétrica e
carregamento de veículo elétrico

**Trabalho de Projeto apresentado para a obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Eletromecânica**

Especialização em Instalações e Equipamentos em Edifícios

Autor

Diogo Filipe Gonçalves Rodrigues

Orientador

Doutor Paulo José Gameiro Pereirinha

Professor do Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

Coimbra, janeiro de 2019

AGRADECIMENTOS

Presto um grande agradecimento ao meu orientador, Doutor Paulo José Gameiro Pereirinha, por todo o apoio e ajuda no desenvolvimento deste projeto que culmina agora com a apresentação deste relatório.

Agradeço ao INESC Coimbra, por toda a informação facultada e ao Eng.º Carlos Oliveira, da GENERG, por ter facultado os dados do Parque Eólico de Pardos, que permitiu uma maior aproximação dos resultados teóricos à realidade do local.

Quero agradecer ainda aos meus amigos Rafael Assunção, David Cravo e André Eusébio, por estarem sempre presentes, apoiando-me, quer durante a licenciatura, quer durante o mestrado.

Agradeço também à minha família, todas as oportunidades e apoio que me deram durante esta caminhada que agora termina com a conclusão do mestrado.

E um especial agradecimento a minha namorada, Rita Alves, por todo o apoio, compreensão e tempo e porque sem ela toda esta aventura não seria possível.

A todos, o meu sincero obrigado e bem-haja,

Diogo Rodrigues

RESUMO

Com este trabalho pretende-se dar resposta a um problema atual, a necessidade das habitações, com ou sem possibilidade de ligação a rede elétrica pública, serem capazes de ser autossuficientes no que diz respeito ao consumo/produção de energia elétrica. A juntar a este problema, a maior disseminação dos veículos elétricos leva também à necessidade de se perceber até que ponto uma habitação com um sistema de produção autónomo é capaz de dar resposta a esta mais recente forma de consumo.

Para a resolução deste problema foi elaborado um projeto das instalações elétricas, onde se dimensionaram dois sistemas com formas distintas de produção, a saber: painéis fotovoltaicos e um aerogerador. Estes dois sistemas em conjunto formam um sistema híbrido e permitem dotar o local de uma maior fiabilidade no que respeita à produção de energia. A juntar a este sistema, e por forma a otimizar e rentabilizar ao máximo o sistema, este será ainda dotado de uma bateria com capacidade adequada para o correto funcionamento do sistema. Por forma a garantir que em nenhum momento os equipamentos que precisam de alimentação contínua da habitação deixam de ter alimentação, criou-se um sistema de emergência composto por um gerador que pode ser substituído por um veículo elétrico com capacidade de injetar energia elétrica na rede.

Palavras-chave: Painéis Fotovoltaicos; Aerogerador; Sistema Híbrido; Sistema Autónomo; Veículo Elétrico; Baterias; Projeto de Instalações Elétricas.

ABSTRACT

This work intends to respond to a current problem, the need of the dwellings, with or without possibility of connection to the public power grid, to be able to be self-sufficient with respect to the consumption / production of electric energy. Adding to this problem, the greater spread of electric vehicles also leads to the need to realize the extent to which a housing with an autonomous production system is capable of responding to this latest form of consumption.

In order to solve this problem, a project of the electrical installations was elaborated, where two systems with different forms of production were dimensioned, namely: photovoltaic panels and a wind turbine. These two systems together form a hybrid system and allow to give the site a greater reliability with respect to energy production. To join this system and in order to optimize and maximize the system, it will also be equipped with a battery with adequate capacity for the correct operation of the system. In order to guarantee that at no time the equipment that needs continuous feeding of the housing ceases to have power, an emergency system was created consisting of a generator that can be replaced by an electric vehicle with the capacity to inject electric energy in the network.

Key words: Photovoltaic panels, wind turbines, hybrid system, autonomous system, electric vehicle, battery, project of the electrical installation.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT.....	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABELAS	xiii
Simbologia.....	xv
Abreviaturas.....	xvi
1. Introdução	1
1.1. Motivação e contexto	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Organização do Relatório de Projeto	2
2. Enquadramento Energético do Projeto.....	5
2.1. Caraterização Energética Mundial	5
2.2. Caraterização Energética em Portugal	7
2.3. Enquadramento Legal	8
2.4. Utilização de Energias Renováveis em Portugal.....	11
2.4.1. Utilização de Energia Solar em Portugal	12
2.4.2. Utilização de Energia Eólica em Portugal	15
2.5. Sistemas de Produção de Energia Elétrica	15
2.6. Impactos Ambientais	18
2.7. Edifícios de Balanço Energético Nulo	20
3. Sistema Solar Fotovoltaico	21
3.1. Introdução	21
3.2. Radiação Solar	21
3.3. Efeito Fotovoltaico.....	23
3.4. Painéis Fotovoltaicos	26
3.5. Vantagens e Desvantagens.....	28
3.6. Conclusão.....	29
4. Sistema Eólico	30
4.1. Introdução	30
4.2. Aerogerador	30

4.3.	Tipos de Aerogerador.....	30
4.4.	Constituição de um Aerogerador de Eixo Horizontal	32
4.5.	Vantagens e Desvantagens de um Aerogerador	33
4.6.	Conclusão.....	33
5.	Armazenamento de Energia.....	34
5.1.	Introdução	34
5.2.	Baterias.....	34
5.3.	Reguladores de Carga.....	42
5.4.	Inversores	43
6.	Projeto de Sistema Híbrido com Produção Autónoma.....	46
6.1.	Introdução	46
6.2.	Descrição da Moradia.....	47
6.2.1.	Cave (Piso -1)	47
6.2.2.	Rés-do-Chão (Piso 0).....	47
6.2.3.	1ºAndar (Piso 1).....	48
6.2.4.	Orientação	48
6.3.	Projeto das Instalações Elétricas	49
6.3.1.	Classificação	49
6.3.2.	Instalações Elétricas.....	49
6.3.3.	Instalação de Alimentação, Distribuição e Medida de Energia.....	50
6.3.4.	Quadros Elétricos.....	50
6.3.5.	Canalizações	51
6.3.6.	Instalações Elétricas a Considerar.....	52
6.4.	Diagrama de Carga.....	55
6.5.	Rede Autónoma.....	59
6.5.1.	Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico e Eólico	60
6.5.2.	Dimensionamento das baterias.....	66
6.5.3.	Dimensionamento Reguladores e Conversores de Potência	67
7.	Viabilidade do Sistema Proposto	69
7.1.	Enquadramento	69
7.2.	Análise Económica.....	69
8.	Conclusões e Trabalhos Futuros	73
	Bibliografia	75
	Anexo I – Exposição solar da Moradia	77
	Anexo II – Legenda Desenhos.....	81

Anexo III – Interligação de Quadros e Terminais de Tomadas - Piso -1	83
Anexo IV - Interligação de Quadros e Terminais de Tomadas - Piso 0.....	85
Anexo V - Interligação de Quadros e Terminais de Tomadas - Piso 1	87
Anexo VI – Terminais de Iluminação – Piso -1.....	89
Anexo VII – Terminais de Iluminação – Piso 0.....	91
Anexo VIII – Terminais de Iluminação – Piso 1.....	93
Anexo IX – Esquema do Quadro Geral	95
Anexo X – Esquemas dos Quadros Parciais.....	97
Anexo XI – Caraterísticas do Paine Solar	99
Anexo XII – Resultados do Cálculo do Sistema Fotovoltaico.....	100
Anexo XIII – Caraterísticas do Aerogerador.....	101
Anexo XIV – Orçamento com ligação à RESP	103
Anexo XV – Orçamento sem ligação à RESP	107
Anexo XVI – Análise Económica.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução do fornecimento de energia primária mundial por combustível (Mtoe) (Key World Energy Statistics, 2016).	5
Figura 2.2 - Evolução da produção de energia elétrica recorrendo a energia primária por combustível (TWh) (Key World Energy Statistics, 2016).	6
Figura 2.3 - Quota de combustível utilizado para produção de energia elétrica (Key World Energy Statistics, 2016).	6
Figura 2.4 - Consumo de Energia Final por Setor em Portugal (2012) (DGEG, 2012).	8
Figura 2.5 - Repartição de Consumos de Eletricidade (ADENE, 2016).	10
Figura 2.6 - Vagas de Desenvolvimento da Política de Renováveis em Portugal (DGEG, Montar Solar, 2010). ..	12
Figura 2.7 - Mapa Radiação Solar na Europa (Meteostat, 2017).	13
Figura 2.8- Distribuição da Potência Instalada por Tecnologia (DGEG, 2017).	14
Figura 2.9 - Evolução da Potência Instalada em Portugal – Eólica (e2p, 2018).	15
Figura 2.10 - Esquema de Princípio de Funcionamento UPAC (FFSolar, 2018a).	16
Figura 2.11 - Esquema de Princípio de Funcionamento UPP (FFSolar, 2018b).	17
Figura 2.12 - Esquema de Princípio de um Sistema Autónomo (FFSolar, 2018c).	18
Figura 2.13 - Edifício Solar XXI - Portugal (LNEG, 2015).	20
Figura 3.1 - Distribuição da radiação solar (Portal Energias Renováveis, 2018).	22
Figura 3.2 - Trajetória Solar (Guia Energia Solar).	23
Figura 3.3 - Efeito Fotovoltaico (LabSolar, 2011).	24
Figura 3.4 - Célula Fotovoltaica – Modelo Simplificado	24
Figura 3.5 - Curvas I-V e P-V de uma célula típica de Silício, às condições de referência (T=25°C e G=1000W/m ²).	25
Figura 3.6 - Células fotovoltaicas monocristalinas e policristalinas (Energia Solar, 2016).	27
Figura 3.7 – Telhas Solares da Tesla (Tesla, 2018)	28
Figura 4.1 - Exemplos de Aero geradores de eixos vertical (Portal Energia, 2018).	31
Figura 4.2 - Exemplo de Aero geradores de eixo horizontal (Aero geradores.org, 2011).	31
Figura 4.3 - Esquema básico e componentes constituintes de um Aero gerador (Portal Energia, 2018).	32
Figura 5.1 – Bateria Octogonal (Battery University, 2017).	41
Figura 5.2 – Powerwall da Tesla (Tesla, 2018)	41
Figura 5.3 – xStorage da Nissan (Nissan, 2018).	42
Figura 6.1 - Localização da moradia (Google Earth, 2018).	47
Figura 6.2 – Simulação da utilização dos equipamentos de cozinha num período de 1 hora	57
Figura 6.3 – Diagramas de Carga semana da moradia em estudo.	57
Figura 6.4 – Diagramas de Carga fim-de-semana da moradia em estudo.	58
Figura 6.5 - Painel Fotovoltaico LG NeON Black (LG,2018).	61

Figura 6.6 - Aerogerador Skystream 3.7 (Susitna, 2011).....	62
Figura 6.7 – Previsão de energia por fonte e total de produção.....	65
Figura 6.8 – Necessidades de energia VS Produção de Energia.....	66
Figura 6.9 - Exemplo de um regulador híbrido (FLEXmax, 2018).	67
Figura 6.10 - Exemplo de inversor (SMA, 2018).	68

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Contribuição das FER no Consumo de Energia Primária no período de 2007-2015 (DGEG, 2017)..	7
Tabela 2.2 - Contribuição, por programa, de energia primária poupada (tep) até 2013 para as metas de 2016 e 2020 (ADENE, 2017).....	10
Tabela 2.3 – Produção de Energia Elétrica – Vantagens e desvantagens	19
Tabela 5.1 – Caraterísticas das baterias recarregáveis mais comuns (Battery University, 2017).....	36
Tabela 5.2 – Resumo das baterias em desenvolvimento (Battery University, 2016)	39
Tabela 5.3 – Comparação de cenários dependendo do tipo de inversor utilizado	45
Tabela 6.1 – Classificação quanto as influências externas	49
Tabela 6.2 – Potências mais comuns numa habitação	56
Tabela 6.3 – Análise dos diagramas de carga segundo os parâmetros de análise apresentados	58
Tabela 6.4 – Comparação da produção em kWh de sistema fotovoltaico composto por 24 painéis com e sem seguidor solar ao longo de um ano	60
Tabela 6.5 – Produção do Sistema Fotovoltaico com 24 painéis e seguidor solar	61
Tabela 6.6 – Extrapolação de produção do sistema eólico	63
Tabela 6.7 - Extrapolação de produção do sistema eólico (cont.)	63
Tabela 6.8 – Comparação entre a produção do sistema eólico e o sistema de painéis solares fotovoltaicos.....	64
Tabela 7.1 – Análise Económica dos indicadores	71

Simbologia

h_c - Utilização de Ponta

h_u - Utilização da Potência Instalada

a_s - Azimute Solar

f_0 - Fator de Vazio

f_c - Fator de carga

f_u - Fator de Utilização

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

Cx – Tempo em horas de descarga

DC/DC - *direct current to direct current* (Conversor de corrente contínua para corrente contínua)

h – altura

I_{cc} – Corrente de Curto-Circuito

I_d – Corrente que atravessa o diodo

I_{máx} – Corrente máxima

I_s – Corrente Gerada

MPPT – Maximum Power Point Tracker (Seguidor de Máxima Potência)

NEP – Tempo equivalente de funcionamento à Potência Nominal

P - Potência

P_{máx} – Potência máxima

T - Temperatura

TT – Neutro ligado diretamente à terra

V - Tensão

V2G – *Vehicle-to-grid* (Do veículo à rede)

V_{ca} – Tensão Circuito Aberto

V_{máx} – Tensão máxima

Z - Carga

Abreviaturas

AQS – Águas Quentes Sanitárias

BT – Baixa Tensão

DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia

e2p – Energias Endógenas de Portugal

Eco.AP – Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública

FER – Fonte de Energia Renovável

GEE – Gases de Efeito de Estufa

IK – Índice de Proteção mecânico

IP – Índice de Proteção contra sólidos e líquidos

IV - Infravermelho

LNEG – Laboratório Nacional de Energia e Geologia

NZEB – Edifício de balanço energético quase nulo

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

PPEC – Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica

PRI – Período de Retorno do Investimento

QE – Quadro Elétrico de Entrada

R/C – Rés-do-chão

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

RTIEBT – Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

SCD – Sinalização Contra Defeito

TIR – Taxa Interna de Rentabilidade

UE – União Europeia

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP – Unidade de Pequena Produção

UV – Ultravioleta

VAL – Valor Atual Líquido

VE – Veículo Elétrico

VS - Visível

1. Introdução

1.1. Motivação e contexto

Com o aumento da população mundial e a maior procura por energia elétrica, a pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos e sistemas utilizando energias alternativas torna-se indispensável.

Portugal, tal como, a maioria da União Europeia (UE) apresenta uma grande dependência energética, facto que se deve à quase inexistência de recursos fósseis nesta região geográfica. Assim, torna-se necessária uma revolução no sector energético, sem agravar o aquecimento do planeta, as alterações climáticas, a perda de biodiversidade e os desequilíbrios geopolíticos e socioeconómicos.

Clara forma de combater este aumento passa por tornar as habitações totalmente autónomas em termos energéticos (*Zero Energy Buildings*) e os módulos que as constituem adaptarem-se aos padrões de comportamento dos seus utilizadores, e tornar uma habitação capaz de recolher energia suficiente para as suas necessidades e, se possível, injetar na rede a remanescente.

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei nº 153/2014, que incentiva a produção de “Energia Elétrica para Autoconsumo”, surgiu uma janela de oportunidade para a partilha de serviços energéticos em edifícios e para o uso desta mesma energia.

Percebendo-se a necessidade real da produção localizada, a redução de perdas em transporte e as necessidades de energia elétrica dos edifícios do sector residencial, o estudo de uma habitação sem ligação à rede pública e com um sistema de alimentação próprio torna-se pertinente e atual. Com este sistema pretende-se perceber a possibilidade de suprir todas as necessidades elétricas de uma habitação.

1.2. Objetivos

Com este estudo pretende-se realizar o projeto elétrico de um edifício de habitação, totalmente autónomo no que diz respeito a energia elétrica.

Prevê-se que o edifício seja dotado de um sistema principal de produção de energia constituído por painéis solares fotovoltaicos combinados com um aerogerador. Sendo este sistema composto por equipamentos que têm como fonte energias renováveis (sol e vento), propõe-se ainda um sistema secundário que será constituído por um gerador ou, se possível,

um veículo elétrico híbrido *plug-in* que permita a injeção do remanescente de carga ou da energia elétrica produzida pelo seu gerador acionado pelo motor de combustão, se estiver preparado para o funcionamento em modo V2G (*vehicle to grid*).

Para isso, será dimensionada toda a instalação elétrica da habitação, bem como os sistemas acima referidos.

O projeto incluirá uma breve análise do estado da arte das tecnologias fotovoltaicas e eólicas aplicáveis, uma descrição da constituição e funcionamento da instalação, o dimensionamento e seleção dos equipamentos, o esquema completo com lista de materiais e o desenho de implantação dos sistemas.

Este projeto terá ainda incorporado uma análise económica, que é fundamental para avaliar a sua viabilidade.

1.3. Organização do Relatório de Projeto

O presente relatório está dividido em oito capítulos, a saber:

- No primeiro capítulo faz-se uma apresentação ao relatório do projeto, expondo-se a motivação, os objetivos, a organização do documento e contextualizado o tema a desenvolver.
- No segundo capítulo é apresentado um enquadramento teórico sobre o consumo energético tanto mundial como nacional. Faz-se ainda um enquadramento legal do projeto, identificando as principais leis e decretos a respeitar.
- No terceiro capítulo é apresentado o sistema de produção fotovoltaico, enumerando as características da tecnologia e as noções básicas.
- No quarto capítulo é apresentado o estado da arte do sistema de produção eólico, enumerando as características da tecnologia e as noções básicas.
- No quinto capítulo são apresentados os conceitos e noções básicas sobre os sistemas de armazenamento de energia (baterias).
- No sexto capítulo é descrita a solução viabilizada tecnicamente para a resolução do problema que motivou este projeto.
- No sétimo capítulo determina-se a viabilidade económica da solução proposta.
- No oitavo capítulo descrevem-se as conclusões obtidas com a elaboração do presente trabalho e apresentam-se algumas considerações para trabalhos futuros.

No final deste relatório encontra-se as referências bibliográficas utilizadas e os anexos mencionados nos capítulos.

2. Enquadramento Energético do Projeto

2.1. Caracterização Energética Mundial

A evolução da procura e conseqüente fornecimento de energia primária a nível mundial têm tido diferentes comportamentos com o decorrer do tempo.

Na Figura 2.1 apresenta-se um gráfico onde se consegue perceber a evolução do fornecimento das várias formas de energia primárias, bem como as formas de energia renováveis desde 1970 até 2014.

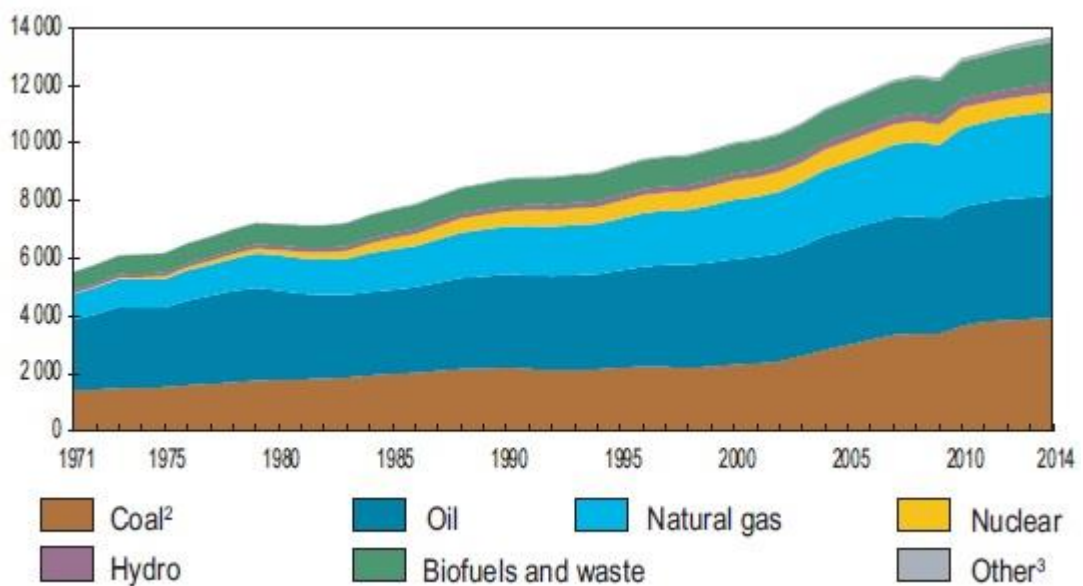


Figura 2.1 - Evolução do fornecimento de energia primária mundial por combustível (Mtoe¹) (Key World Energy Statistics, 2016).

Fazendo uma análise do gráfico, percebe-se que desde 1970, a procura das energias primárias aumentou de forma considerável. Tal facto deve-se, não só ao aumento da população mundial, mas também ao aumento da utilização de transportes, bem como uma maior exigência dos níveis de conforto, aquecimento e ar condicionado nos edifícios.

O petróleo, o carvão e o gás natural continuam a ser as fontes predominantes no que diz respeito as fontes de energia primária.

¹ Mtoe: milhões de toneladas equivalentes de petróleo

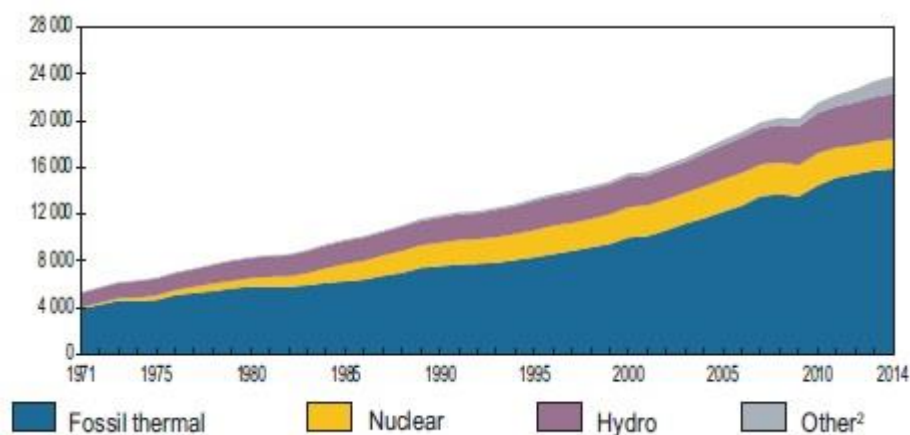


Figura 2.2 - Evolução da produção de energia elétrica recorrendo a energia primária por combustível (TWh) (Key World Energy Statistics, 2016).

Na Figura 2.2 pode ver-se, o aumento da produção de energia elétrica correspondendo a um aumento de procura, no mesmo período.

Apesar de continuar a enorme dependência dos combustíveis fósseis para a produção de eletricidade, começa-se a notar uma maior preocupação em recorrer as energias renováveis como se pode ver nos gráficos da Figura 2.3.

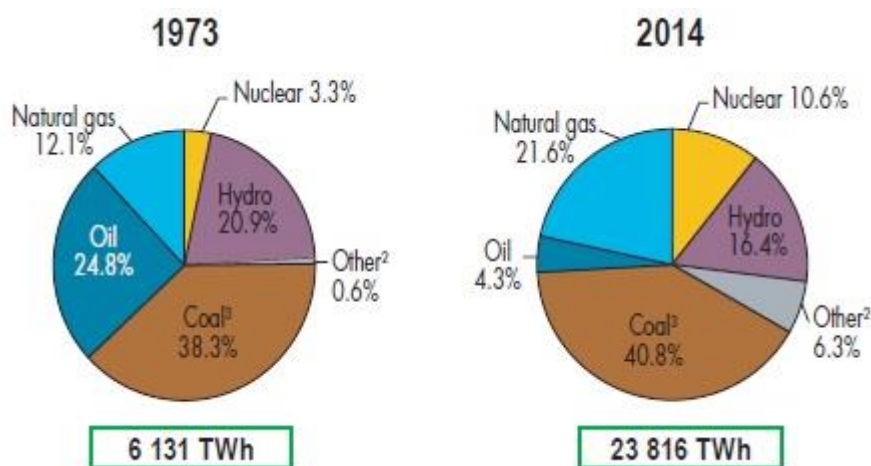


Figura 2.3 - Quota de combustível utilizado para produção de energia elétrica (Key World Energy Statistics, 2016).

Na quota dos *Others* 6,3% em 2014, onde se encontra incluída a energia geotérmica, solar, e eólica entre outras, quando comparada em termos absolutos passou-se de uma cota de aproximadamente 367TWh para 15504TWh entre o ano de 1973 e 2014. Ainda da análise do gráfico percebe-se que a dependência do petróleo na produção de energia elétrica caiu de uma

forma acentuada, contudo o carvão e outras formas de energia que apresentam os mesmos problemas do petróleo, aumentaram.

2.2. Caracterização Energética em Portugal

Portugal, tal como alguns países Europeus, têm uma grande dependência externa no que toca a recursos energéticos fósseis endógenos (petróleo, carvão e o gás natural). Esta dependência traduz-se diretamente numa necessidade de aumentar a produção interna através de energias renováveis: hídrica, eólica, solar, geotérmica e biomassa.

O petróleo, o carvão e o gás natural, continuam a manter o papel essencial no que diz respeito à estrutura de abastecimento nacional. Contudo, no ano 2006 e seguintes começa-se a verificar uma diminuição do consumo destas fontes e um conseqüente aumento das fontes de energia renovável (FER), tal como se pode ver na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Contribuição das FER no Consumo de Energia Primária no período de 2007-2015 (DGEG, 2017).

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Consumo de Energia Primária	25 120	24 215	23 911	23 102	22 110	21 482	21 705	20 921	22 059
Carvão	2 883	2 526	2 858	1 657	2 222	2 915	2 653	2 683	3 259
Petróleo	13 337	12 365	11 533	11 241	10 332	9 297	9 648	9 088	9 447
Gás natural	3 821	4 157	4 233	4 507	4 483	3 950	3 769	3 486	4 097
Outros não renováveis ¹	763	942	550	376	425	925	416	256	361
Renováveis ²	4 316	4 225	4 737	5 321	4 647	4 395	5 220	5 409	4 895
Contribuição renovável	17.2%	17.4%	19.8%	23.0%	21.0%	20.5%	24.0%	25.9%	22.2%

¹ Inclui saldo importador de energia elétrica e fração não renovável de resíduos.

² O consumo corresponde a valores reais (não normalizados).

Da tabela acima apresentada (ver Tabela 2.1) consegue-se perceber que as FER têm vindo a aumentar o seu contributo no que diz respeito ao Consumo de Energia Primária. Comparando o ano de 2014 com o ano de 2015, verifica-se uma diminuição da contribuição (25.9% pra 22.2%), o que não significa um desinvestimento nesta forma de produzir energia. Tratando-se de formas de energia que dependem, muitas delas, das condições atmosféricas, um ano em que a chuva ou o vento sejam mais escassos, a contribuição destas fontes será afetada de forma negativa.

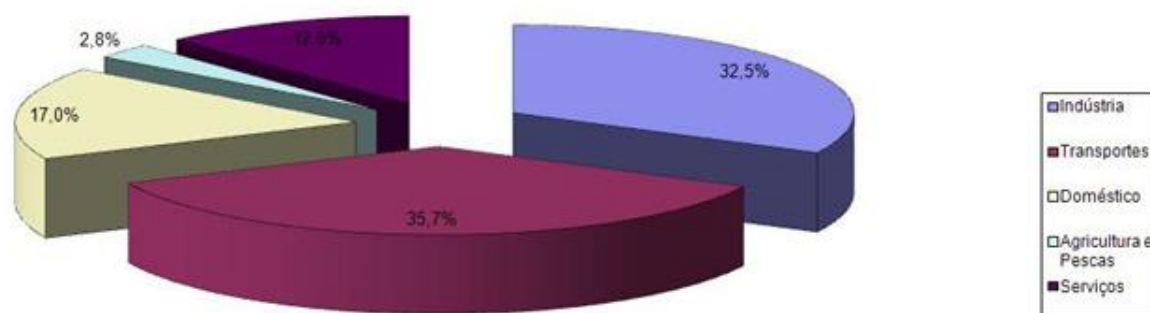


Figura 2.4 - Consumo de Energia Final por Setor em Portugal (2012) (DGEG, 2012).

Na Figura 2.6 pode observar-se o consumo de energia final por setor no ano de 2012. Verificou-se que o setor dos transportes apresentou o maior valor no que diz respeito ao consumo final de energia (35.7%), seguido da indústria (32.5%). Este dois setores sozinhos representam 68.2% do consumo final de energia tornando-se assim uma área onde é de todo importante intervir com vista melhorar e diminuir os consumos.

O setor doméstico, o terceiro maior consumidor (17%), torna-se o setor onde o investimento das FER pode ser aplicado de uma forma mais sustentável numa escala não industrial e com uma redução significativa no consumo de energia primárias. DGEG (2016)

2.3. Enquadramento Legal

O setor energético e as suas atividades produzem um impacto significativo no ambiente, sobretudo nas alterações climáticas, pelo que se torna necessária a definição de políticas energéticas e ambientais. Estas políticas devem ter em linha de conta a viabilidade técnico-económica e as condições ambientais, mas nunca descurando a relação custo-eficácia e o desenvolvimento social e económico.

O Pacote Energia-Clima é um exemplo de uma política que pretende:

- reduzir em 20% o consumo de energia primária até 2020;

- a incorporação de 20% do consumo de energia de produção endógena em 2020;
- uma redução dos Gases com Efeito de Estufa (GEE) em 20% até 2020.

Portugal, como parte integrante da União Europeia, subscreeveu o Protocolo de Quioto onde se assumiu um acordo em limitar o crescimento das emissões de GEE em 27% face às emissões registadas em 1990. DGEG (2017)

Para além destas políticas Europeias, Portugal criou diversos planos nacionais para serem aplicados ao setor energético Adene (2017):

- PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética;
- PNAER – Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis;
- PPEC – Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica;
- Eco.AP – Programa de Eficiência Energética para a Administração Pública.

O PNAEE estima que até 2016 a poupança induzida é de 1501 ktep de energia final o que corresponde a aproximadamente 8,2% relativamente à média verificada no período entre 2001 e 2005. Neste contexto o PNAEE abrange seis áreas específicas, a saber:

- Transportes
- Residencial e Serviços
- Indústrias
- Estado
- Comportamentos e Agricultura

O PNAER prevê uma quota de eletricidade com base renovável superior a 60%. Estas novas linhas orientadoras têm como a premissa de que Portugal deve ser um país energeticamente eficiente e independente, tornando-se competitivo. O PNAER estabelece, para tal, as trajetórias de introdução de FER em três grandes setores:

- Aquecimento e arrefecimento;
- Eletricidade;
- Transporte.

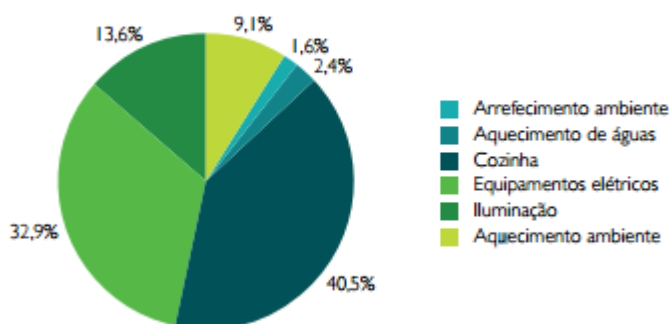
Tabela 2.2 - Contribuição, por programa, de energia primária poupada (tep) até 2013 para as metas de 2016 e 2020 (ADENE, 2017).

Programa	Meta 2016 (tep)	Execução	Meta 2020 (tep)	Execução
Agricultura	30.000	0%	40.000	0%
Comportamentos	32.416	50%	32.416	50%
Estado	153.634	23%	295.452	12%
Indústria	377.221	64%	521.309	46%
Residencial e Serviços	836.277	58%	1.098.072	44%
Transportes	343.683	82%	406.815	69%

Sendo o objetivo geral a redução em 25% no consumo de energias primárias, o estabelecimento do horizonte temporal de 2020 para efeitos de acompanhamento e monitorização do impacto estimado no consumo de energia primária permite perspetivar, antecipadamente, o cumprimento das novas metas assumidas pela UE. Será expectável que se continue a verificar uma evolução favorável da meta global de utilização de FER no horizonte 2013 -2020.

O Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC), pela sexta edição consecutiva, tem como objetivo prioritário, apoiar financeiramente iniciativas que promovam a eficiência e redução do consumo de eletricidade nos diferentes segmentos de consumidores.

Em média uma habitação consome cerca de 3.700 kWh por ano, divididos da seguinte forma:



Fonte: INE/DGEG - Inquérito ao Consumo de Energia no Sector Doméstico (2010)

Figura 2.5 - Repartição de Consumos de Eletricidade (ADENE, 2016).

Da análise da figura 2.8 rapidamente se identificam três grandes consumidores, a saber: Cozinha (40,5%), Equipamentos elétricos (32,9%) e a Iluminação (13,6%). Entre estes três usos finais encontram-se mais de 85% do consumo de energia. Estes consumos com pequenas intervenções podem ter reduções na ordem dos 30-35%, mantendo as mesmas condições de conforto e em alguns casos podendo melhorar as mesmas.

De uma forma geral este trabalho enquadra-se na seguinte Legislação e programas:

- RTIEBT – Regras Técnicas de Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER 2020);
- Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE 2016);
- Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica (PPEC 2017-2018).

2.4. Utilização de Energias Renováveis em Portugal

A exploração das fontes de energia renováveis em Portugal passou por três vagas de desenvolvimento como se pode ver na Figura 2.9.

A primeira vaga, começou com o aproveitamento hídrico com a construção de barragens, em que, entre 1960 e 2009, mais que triplicou a capacidade de produção recorrendo a esta forma de energia.

A segunda vaga, que se fixou entre os anos de 2001 e 2010, aumentou a capacidade de produção recorrendo ao aproveitamento do vento. Durante este período existiu um forte investimento em parques eólicos de grande capacidade.

A terceira vaga, que teve início em 2010 e que continua na atualidade, explora o aumento do aproveitamento solar, com a criação de centrais fotovoltaicas e o aproveitamento de pequenas instalações.

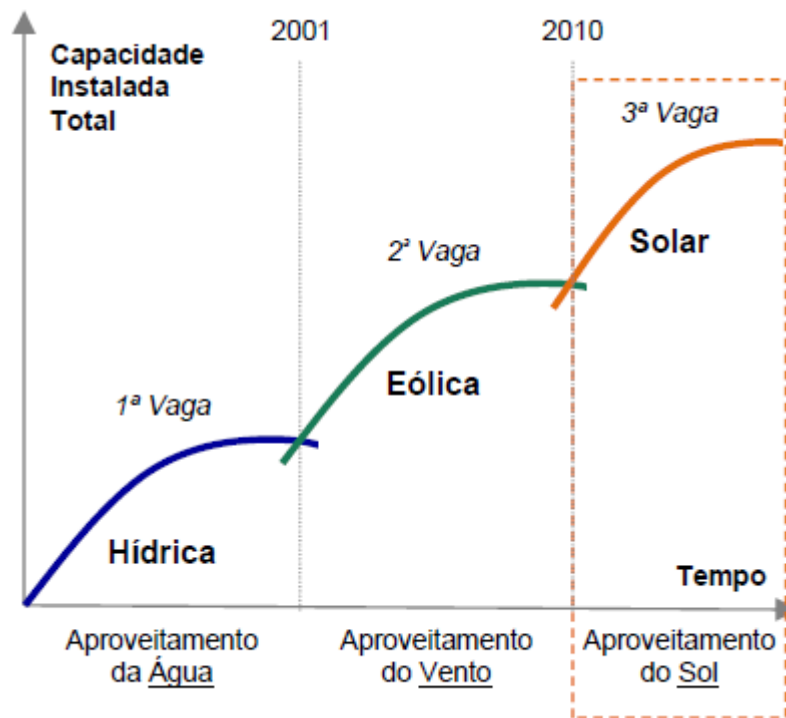


Figura 2.6 - Vagas de Desenvolvimento da Política de Renováveis em Portugal (DGEG, Montar Solar, 2010).

2.4.1. Utilização de Energia Solar em Portugal

Portugal, devido à sua localização geográfica (Sul da Europa), a par da Espanha, Itália e Grécia apresenta um enorme potencial de exploração do Sol como forma de produção de energia, como se pode depreender da Figura 2.10.

Com mais de 2300 horas/ano de insolação na região norte e 3000 horas/ano no sul, Portugal atualmente não faz o melhor aproveitamento no que diz respeito a esta forma de energia.

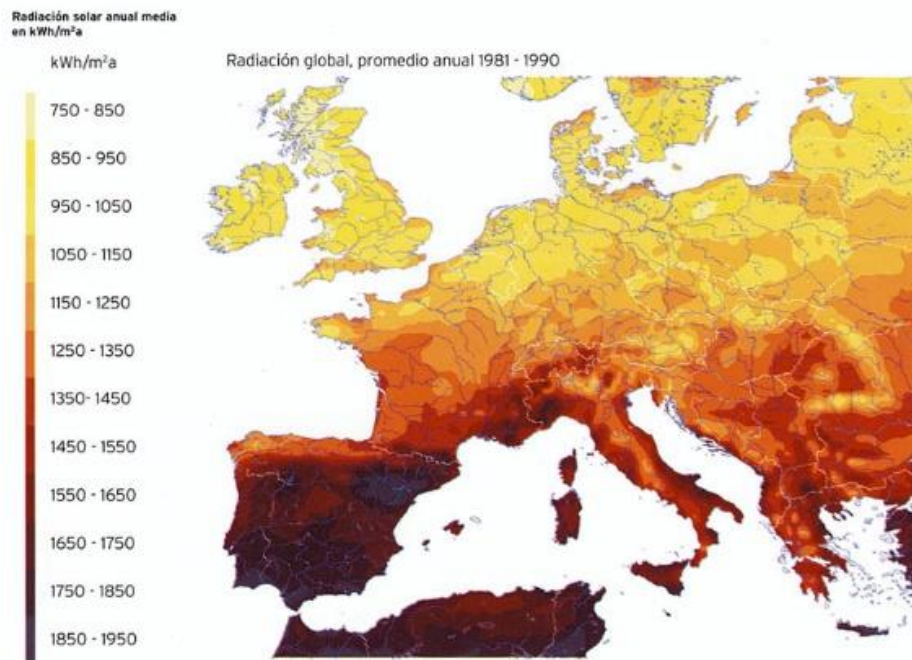


Figura 2.7 - Mapa Radiação Solar na Europa (Meteostat, 2017).

Segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG), em Julho de 2017, Portugal tinha um capacidade de produção instalada apartir de energia solar de 474 MW. Com esta potência instalada, a produção com origem na tecnologia fotovoltaica foi a que registou um maior crescimento, deixando de ser residual e passando a ter um impacto mais visível na quota de produção de energia com origem em FER.

Como seria de esperar, o maior investimento nesta tecnologia encontra-se feito na região sul de Portugal, sendo o Alentejo a zona onde se verifica a maior aposta onde se encontra instalado cerca de 0,2GW, conforme se pode ver na Figura 2.11, onde se pode ver também a distribuição das potências instaladas das diferentes tecnologias renováveis por região.

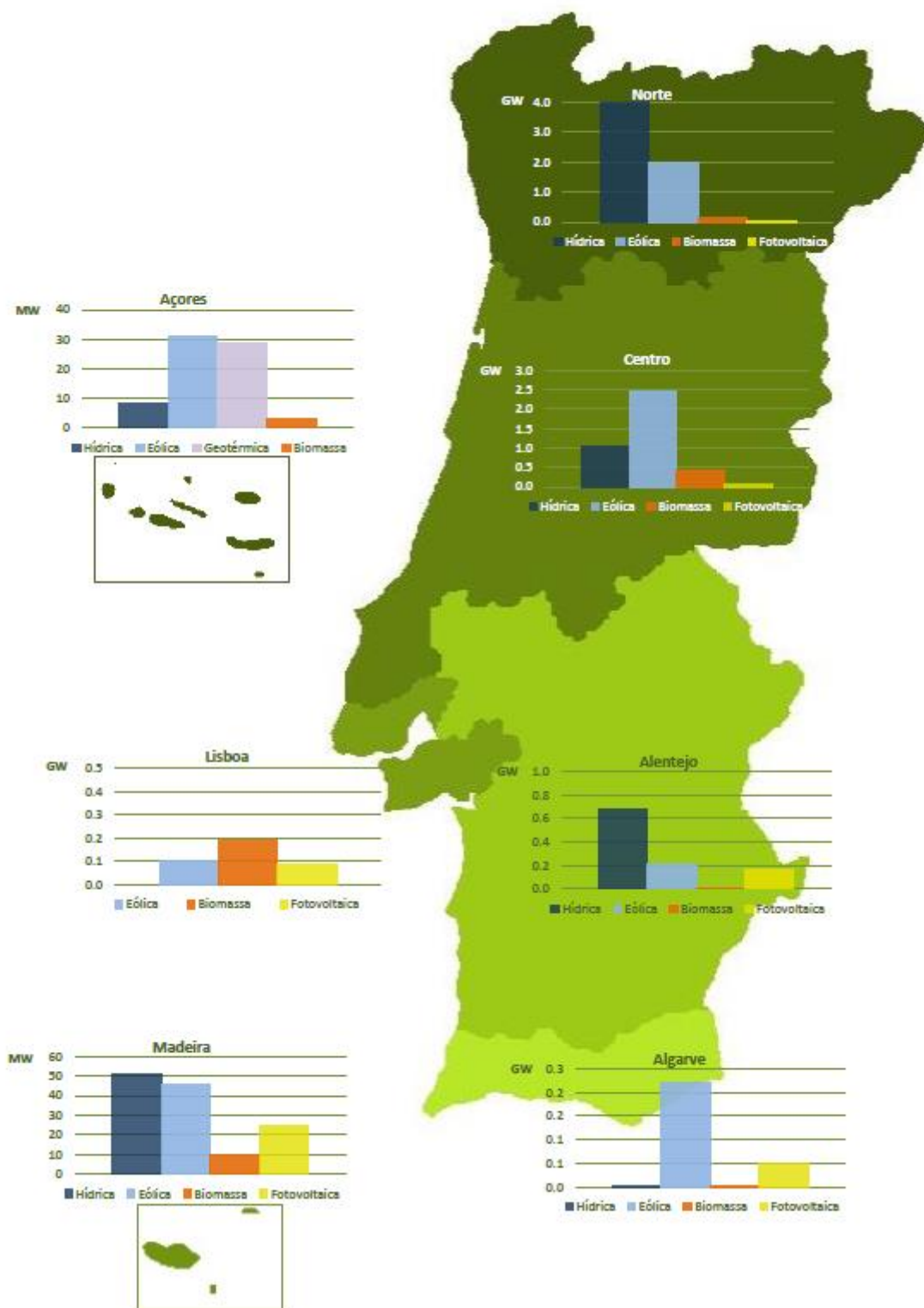


Figura 2.8- Distribuição da Potência Instalada por Tecnologia (DGEG, 2017).

2.4.2. Utilização de Energia Eólica em Portugal

A utilização deste tipo de energia para produção de eletricidade começou na década de oitenta, com a instalação dos dois primeiros parques eólicos, nas Ilhas de Santa Maria e do Porto Santo. Já o primeiro parque a ser instalado no continente, em 1987, situa-se na região de Sines.

Com a aposta da UE e de Portugal em estratégias políticas para a diversificação das fontes de energias, ou seja uma utilização dos recursos endógenos e renováveis verifica-se um crescimento contínuo desde 2000 na tecnologia eólica. Passadas quase duas décadas, a energia eólica contribui de forma determinante para que as FER tenham passado a ter um maior peso do que a gerção a partir de combustíveis fósseis. INEGI e APREN (2017).

Segundo o relatório da e2p de dezembro de 2016, um quarto da eletricidade procurada em Portugal, teve como fonte geradora a energia eólica.

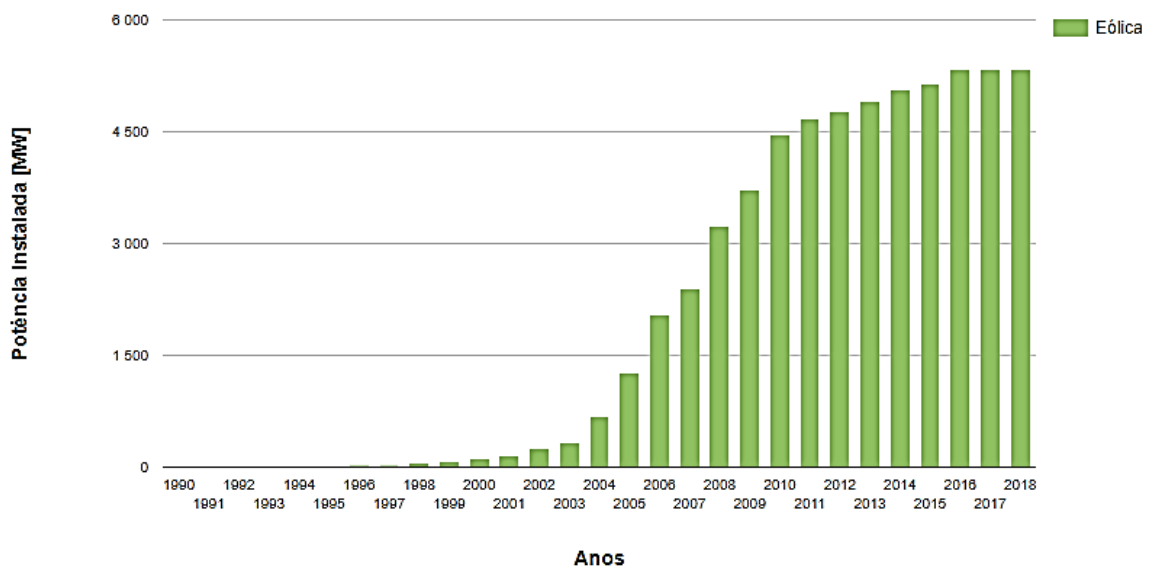


Figura 2.9 - Evolução da Potência Instalada em Portugal – Eólica (e2p, 2018).

Ao contrário da energia solar, os maiores centros de produção encontram-se na zona centro do país (ver Figura 2.11).

2.5. Sistemas de Produção de Energia Elétrica

Os sistemas de Produção de Energia Elétrica dividem-se sobretudo em dois grupos:

- Sistemas de produção ligados à rede dividem-se em:
 - UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo;
 - UPP – Unidade de Pequena Produção;

- Sistemas Autónomos.

A UPAC pode ser feita recorrendo a uma fonte de energia renovável ou não renovável, onde a energia produzida é preferencialmente injetada na instalação de consumo (Figura 2.13). Quando de um excesso de produção, o remanescente pode ser injetado na RESP (Rede Elétrica de Serviço Público). O principal objetivo deste tipo de autoconsumo é adequar a capacidade de produção ao regime de consumo do local a alimentar, minimizando a injeção de energia na RESP. Este tipo de produção tem como limite para a capacidade a instalar 100% da potência contratada na instalação de consumo. FFSolar (2018a)



Figura 2.10 - Esquema de Princípio de Funcionamento UPAC (FFSolar, 2018a).

As UPP são unidades de produção onde a potência de ligação tem de ser igual ou inferior a 250kW. Ao contrário das UPAC, este sistema produz unicamente a partir de uma fonte e esta tem de ser renovável. Neste caso, a totalidade de energia produzida é injetada na rede, como se pode verificar na Figura 2.14. FFSolar (2018b)

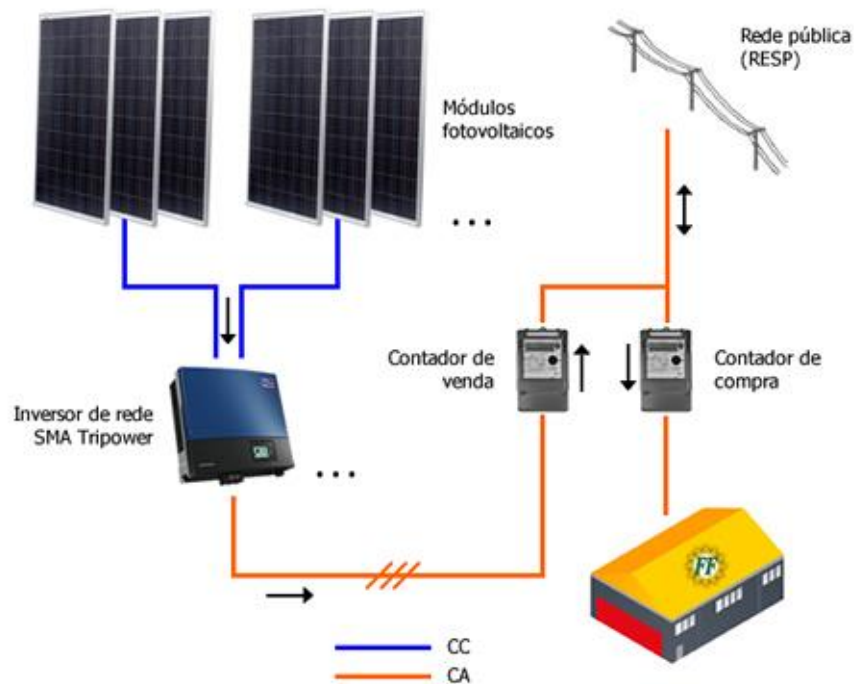


Figura 2.11 - Esquema de Princípio de Funcionamento UPP (FFSolar, 2018b).

Por fim os sistemas autónomos, são sistemas que não se encontram ligados à RESP, tal como se pode ver na Figura 2.11. São a solução ideal para locais onde a ligação ao RESP não seja possível ou custos de ligação sejam superiores aos custos dos sistemas (por exemplo pequenos recintos de rega). Dos três sistemas, este é o único onde toda a energia produzida é consumida pela instalação. Este tipo de solução é constituído por um ou mais geradores de energia, que são tipicamente os painéis fotovoltaicos ou os sistemas híbridos com aerogerador. Com o recurso a um regulador de carga, a energia elétrica é armazenada em baterias até ser necessária. Uma vez que a energia é armazenada em sistemas de Corrente Contínua (CC), antes da sua utilização é necessário recorrer a um inversor para a converter em Corrente Alternada (CA). Desta forma, toda a instalação pode ser convencional sem prejuízo de não poder utilizar algum tipo de equipamento. Normalmente, estes sistemas são equipados com uma forma convencional de produzir energia, isto é, para garantir uma maior redundância ao sistema, instala-se um gerador que em caso de necessidade entra em funcionamento e garante a alimentação de cargas definidas como prioritárias. FFSolar (2018c)

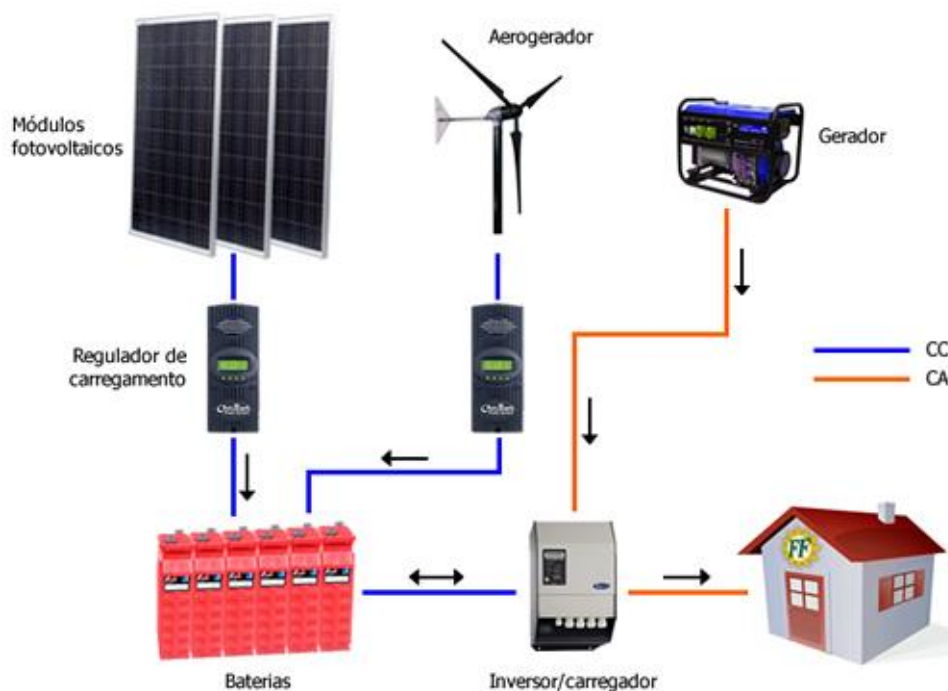


Figura 2.12 - Esquema de Princípio de um Sistema Autônomo (FFSolar, 2018c).

2.6. Impactos Ambientais

A produção de energia elétrica, seja através de FER ou a partir de combustíveis fósseis tem sempre um impacto na natureza e no meio que a envolve.

Sendo a energia elétrica um produto transformado, toda a cadeia que origina este produto final tem de ser tida em linha de conta (ver Tabela 2.3).

Tabela 2.3 – Produção de Energia Elétrica – Vantagens e desvantagens

Tipo	Vantagens	Desvantagens
Hidroelétrica	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa emissão de gases causadores de efeito de estufa; - Baixo Custo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Impacto social e ambiental (Constragimento no rio); - Dependência das condições climatéricas.
Termoelétrica (carvão)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de construção e de combustível; - Alta produtividade; 	<ul style="list-style-type: none"> - Emissão de gases de efeito de estufa; - Poluição local do ar.
Termoelétrica (Gás Natural)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de construção; - Baixa poluição local. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emissão de gases de efeito de estufa; - Custo de combustível oscilante.
Termoelétrica (Biomassa)	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo custo de construção e de combustível; - Emissão de gases de efeito de estufa quase nula. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desflorestação de florestas e consequente destruição de habitats; - Biocombustíveis líquidos provocam chuvas ácidas.
Eólica	<ul style="list-style-type: none"> - Emissão de gases de efeito de estufa quase nula; - Impacto ambiental mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa produtividade; - Dependência das condições climáticas; - Poluição visual.
Fotovoltaica	<ul style="list-style-type: none"> - Baixo impacto ambiental; - Aproveitamento de zonas não usadas (telhados, etc). 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevado custo; - Baixa produtividade; - Dependência das condições climatéricas.

2.7. Edifícios de Balanço Energético Nulo

Segundo o Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), um edifício de balanço energético (quase) nulo (Near Zero Energy Building, NZEB) traduz-se num edifício que produz (quase toda) a energia que consome.

Este tipo de edifícios são caracterizados por terem necessidades energéticas muito baixas, que serão alcançadas através da adoção de medidas de eficiência tanto na construção como na gestão.

Para alcançar este tipo de edifícios é necessário ter em consideração dois aspetos:

1. Necessidades Energéticas do Edifício e como reduzi-las – Procurar uma maior aposta em sistemas mais eficazes, em tecnologias que garantam a otimização tanto térmica, como de ganhos solares. Procurar sistemas passivos e aproveitar os fatores naturais como a iluminação e ventilação.
2. Produção Local de Energia – Por forma a suprir as necessidades de energia que não se conseguem colmatar no ponto 1, deve-se recorrer a uma ou várias tecnologias que aproveitem os recursos naturais disponíveis na proximidade do edifício.

Em Portugal já existe um edifício que segue esta filosofia, o Edifício Solar XXI. Trata-se de um edifício de serviços pertencente ao LNEG, que é constituído por 3 pisos que prefazem uma área de 1500m². Foi feita uma integração entre a arquitetura e as energias renováveis procurando a otimização com a envolvente. Encontra-se dotado de sistemas passivos (aquecimento e arrefecimento) e sistemas ativos (fotovoltaicos e térmicos). LNEG (2015).



Figura 2.13 - Edifício Solar XXI - Portugal (LNEG, 2015).

3. Sistema Solar Fotovoltaico

3.1. Introdução

Neste capítulo são apresentados os conceitos e princípios básicos associados aos sistemas de produção solar fotovoltaica.

Abordam-se ainda as tecnologias que atualmente se encontram no mercado, bem como o estado da arte da mesma.

3.2. Radiação Solar

A radiação solar consiste numa forma de energia que tem origem no centro do Sol, onde os núcleos de átomos de hidrogénio se fundem e dão origem a átomos de hélio. A energia que resulta desta radiação é radiada para o espaço, onde parte dela atinge a atmosfera terrestre.

A radiação solar é caracterizada por um espectro de radiação eletromagnética com as seguintes características:

- Ultravioleta (UV);
- Visível (VS);
- Infravermelho (IV).

Após atravessar a atmosfera a radiação solar divide-se em três componentes, tal como se pode observar na Figura 3.1.

- Radiação direta – radiação que atinge diretamente a superfície da terra;
- Radiação difusa – radiação que é desviada em diferentes direções pelos componentes da atmosfera e que corresponde a cerca de 40% da radiação média. Nos meses de Inverno a percentagem média deste tipo de radiação aumenta.
- Radiação refletida – radiação que é refletida pelo solo e objetos circundantes.

Toda a restante radiação é absorvida ou refletida para fora da atmosfera.

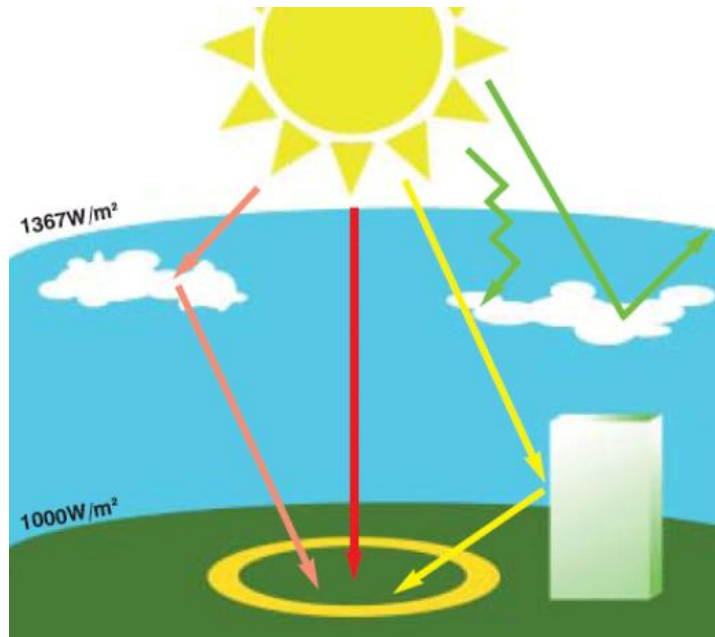


Figura 3.1 - Distribuição da radiação solar (Portal Energias Renováveis, 2018).

O valor de radiação solar está diretamente dependente de vários fatores, como por exemplo, o ângulo de incidência, a espessura da atmosfera (como referido anteriormente parte da radiação é absorvida na atmosfera), a duração do dia e a duração da insolação.

Começando pelo ângulo de incidência dos raios solares, que é o ângulo que os raios solares fazem com o plano tangente à superfície da terra no local onde o mesmo está a ser observado. A relação entre a área abrangida e o ângulo de incidência é proporcional, isto é, quanto menor for o ângulo maior será a área. Este ângulo de incidência varia ao longo do dia, do ano e da latitude do local de observação.

A este ângulo de incidência está ainda associada a altura solar, em que quanto maior for esta altura, maior será a radiação por unidade de área (a altura máxima encontra-se no Equador).

É possível descrever a trajetória do sol ao longo de um dia, para isso recorre-se à altura solar (ângulo de direção do sol acima do horizonte) e ao azimute solar (ângulo de direção do sol em relação ao sul), conforme se nota na Figura 3.2.

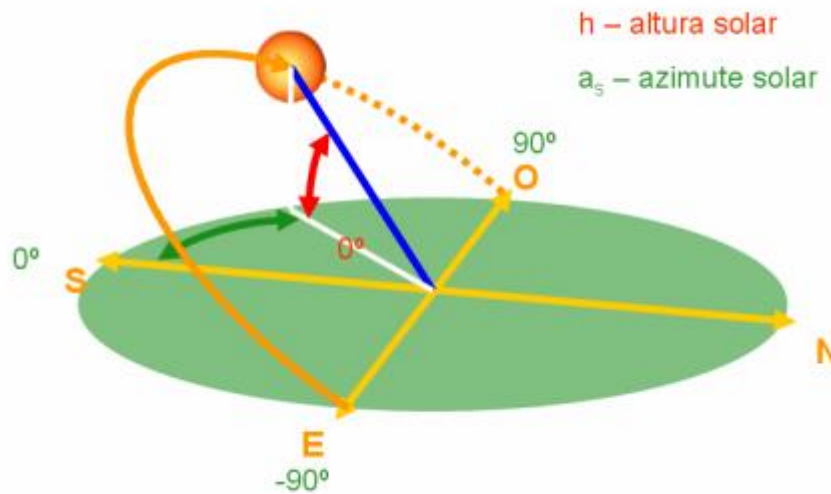


Figura 3.2 - Trajetória Solar (Guia Energia Solar).

Com esta informação é possível procurar uma direção e inclinação ótima para sistemas que explorem esta forma de energia. Portal Energias Renováveis (2018).

3.3. Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico traduz a transformação de radiação solar em eletricidade. Neste processo recorre-se à utilização de materiais semicondutores como o silício. Estes materiais são usados para criar as células fotovoltaicas, que em termos de funcionamento se aproximam de um díodo de junção semicondutor. Recorrendo a um processo de dopagem do silício criam-se duas camadas na célula: a camada tipo p e a camada tipo n, sendo que a camada tipo p tem um excesso de cargas positivas e a tipo n um excesso de cargas negativas. Esta diferença de cargas permite uma diferença de potencial o que leva à criação de uma corrente.

Uma célula fotovoltaica típica (Figura 3.3) é constituída por três componentes:

- Grelha e contatos frontais – os contatos frontais constituem os terminais negativos;
- Contato posterior – constitui o terminal positivo;
- Cobertura anti-reflexo – película que permite a redução da reflexão a valores abaixo dos 5%.

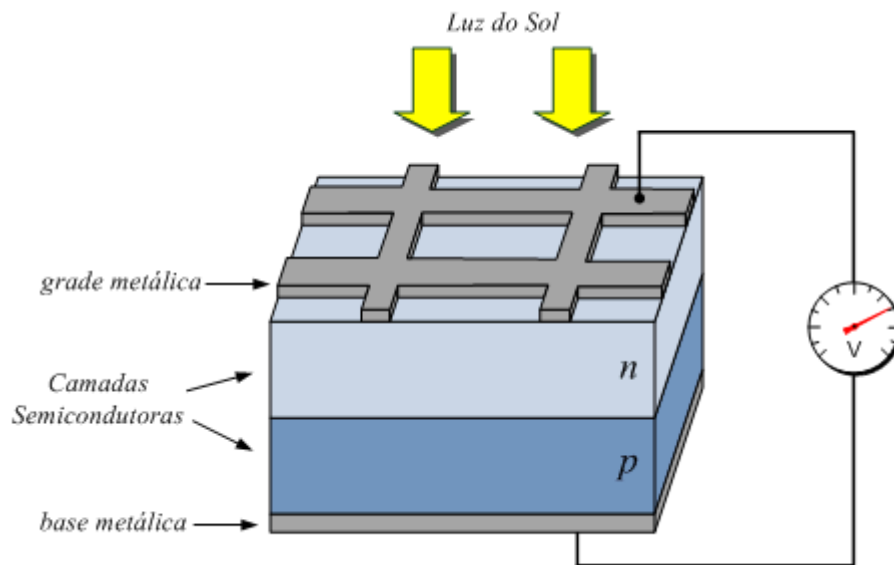


Figura 3.3 - Efeito Fotovoltaico (LabSolar, 2011).

Quando a célula fotovoltaica é atingida pela radiação solar, os elétrons são excitados pelos fótons e são acelerados para o terminal negativo; em sentido inverso, as lacunas são enviadas para o terminal positivo. Este movimento cria uma diferença de potencial que, com o auxílio de um condutor externo, ligado aos terminais da célula, permite a geração de uma corrente.

É possível traduzir o funcionamento da célula num modelo simplificado (Figura 3.4) onde a corrente I_s representa a corrente que foi gerada pelo feixe de radiação ao atingir a superfície e junção p-n, representado por um díodo, que é atravessado por uma corrente I_D , que está dependente de uma tensão V aos terminais da célula. LabSolar (2011).

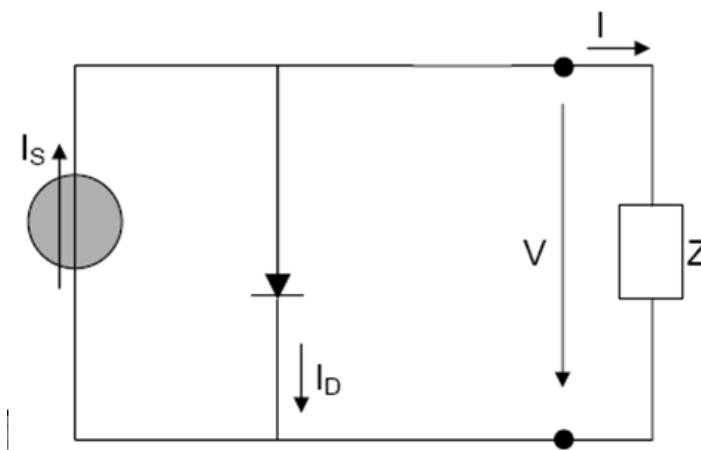


Figura 3.4 - Célula Fotovoltaica – Modelo Simplificado

Este modelo permite destacar dois pontos de operação e criar um diagrama de parâmetros característicos do sistema, representado na Figura 3.5.

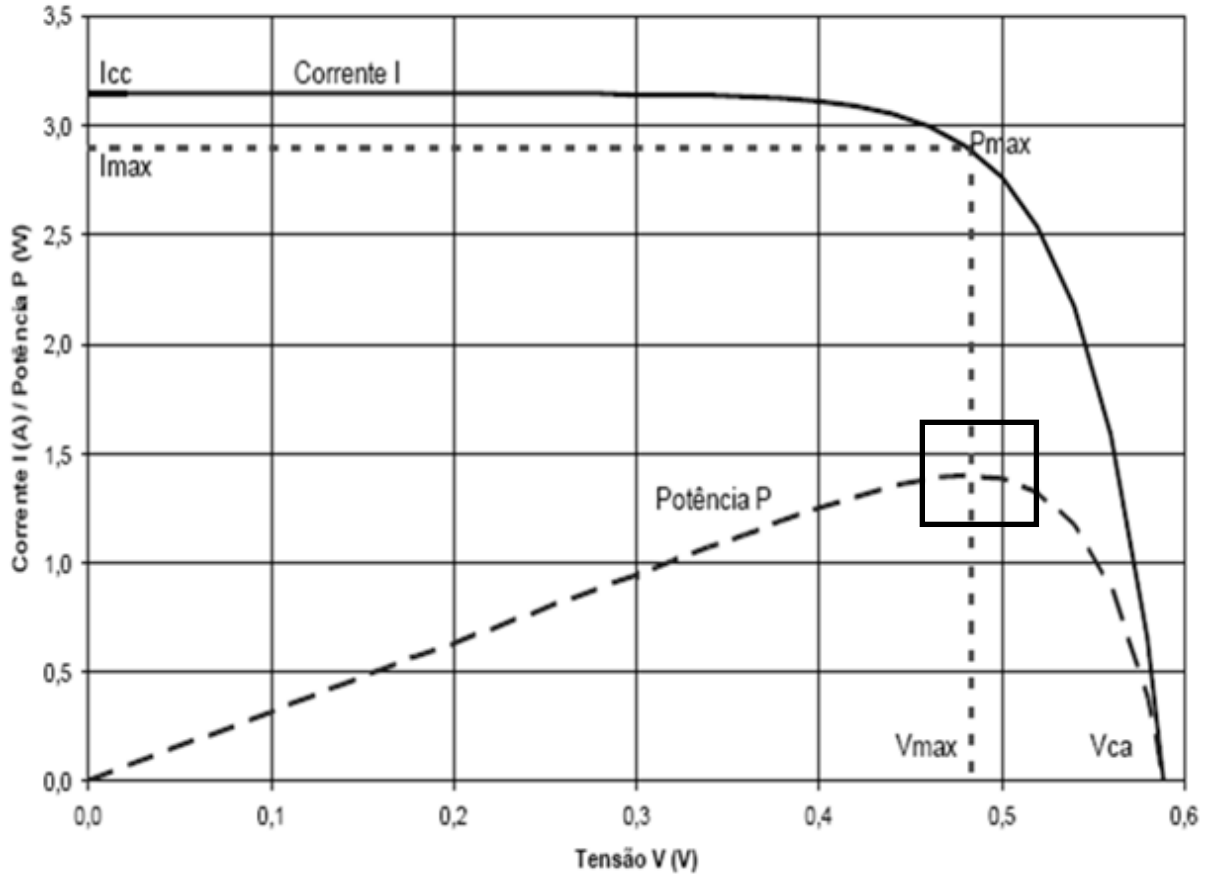


Figura 3.5 - Curvas I-V e P-V de uma célula típica de Silício, às condições de referência ($T=25^{\circ}\text{C}$ e $G=1000\text{W}/\text{m}^2$)

Da análise das curvas apresentadas na Figura 3.5 retiram-se as seguintes conclusões:

- A corrente I_{cc} (Corrente de Curto-circuito) ocorre quando a tensão $V=0\text{V}$ e a Corrente $I_d=0\text{A}$;
- A tensão de circuito aberto (V_{ca}) ocorre quando $I_d=0\text{A}$;
- A potência máxima que se consegue extrair de uma célula ocorre quando $I_d=I_{máx}$ e $V=V_{máx}$. Intersectando estes dois valores com a curva de potência P encontramos $P_{máx}$.

Como seria de esperar, a célula fotovoltaica é influenciada pela temperatura, isto é, com o aumento da temperatura, a potência e a tensão em circuito aberto respondem de forma inversa, decrescendo. Para além da temperatura, esta é ainda afetada pela Radiação Incidente,

onde a potência de saída aumenta com o aumento da radiação e a corrente de curto-circuito varia de forma linear.

3.4. Painéis Fotovoltaicos

Os painéis fotovoltaicos são compostos por conjuntos de células fotovoltaicas ligadas em série e paralelo permitindo que em caso de falha de uma célula o painel possa continuar a produzir.

Como já foi referido, o funcionamento ideal de um célula fotovoltaica é no ponto onde a sua potência é máxima, por consequência o ponto ideal de funcionamento de um painel será o ponto onde se otimiza a potência máxima de todos os módulos de células que o constituem.

Assim para conseguir obter este ponto de funcionamento o máximo de tempo possível, dota-se os painéis de um seguidor de potência máxima (MPPT – *Maximum Power Point Tracker*).

Estes dispositivos são especialmente indicados para casos de sistemas isolados, onde se procura que a tensão seja constante. O MPPT consiste num conversor DC/DC, que ajusta a tensão de saída do módulo de acordo com as condições ambientais e, caso esteja ligado à rede, com as condições impostas pela rede.

Existem três gerações de células fotovoltaicas que dão origem a diferentes tipos de painéis fotovoltaicos, a saber:

- Células de 1ª geração (aproximadamente 90% do mercado utiliza esta tecnologia),
Figura 3.6:
 - Células de silício monocristalino – Custo de produção elevado devido ao processo de purificação do silício; Rendimento elétrico em laboratório ronda os 24%.
 - Células de silício policristalino – Custo de produção mais baixo que o monocristalino; Rendimento em laboratório não excede os 18%, facto que se deve à descontinuidade molecular deste material.
- Células de 2ª geração (aproximadamente 10% do mercado utiliza esta tecnologia):
 - Películas Finas – deixam de ser células onde o seu elemento principal é o silício e passam a ser células com elementos compostos como por exemplo o silício amorfo; Como vantagens apresentam módulos com alguma flexibilidade

e esteticamente mais apelativos. Como desvantagem apresentam os elevados custos de produção e a pouca tolerância a condições severas de clima.

- Células de 3ª geração:
 - Células baseadas no conceito de multijunção, em que o seu princípio de funcionamento assenta em diferentes níveis energéticos por camada.

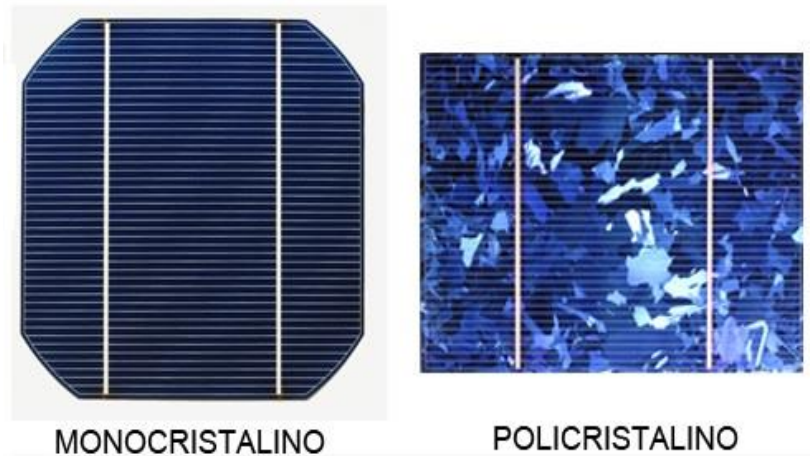


Figura 3.6 - Células fotovoltaicas monocristalinas e policristalinas (Energia Solar, 2016).

A juntar a este tipo de painéis mais convencionais, recentemente surgiram telhas que permitem criar um telhado solar (*Tesla Solar Roof*) como se pode ver na Figura 3.7. Estas telhas são feitas em vidro por camadas sobre um substrato fotovoltaico que substitui os materiais do telhado tradicional. Este tipo de tecnologia permite aumentar a área de exposição solar bem como diminuir o impacto visual dos painéis na arquitetura.

Atualmente em Portugal, já se encontram disponíveis para encomendar.



Figura 3.7 – Telhas Solares da Tesla (Tesla, 2018)

3.5. Vantagens e Desvantagens

Os sistemas fotovoltaicos apresentam como vantagens:

- Forma de produzir energia não poluente (desconsiderando a poluição produzida na sua fabricação);
- Baixa necessidade de manutenção;
- O custo tem verificado um decaimento acentuado, enquanto o rendimento de produção tem aumentado, tornando a energia solar uma fonte de energia economicamente mais viável;
- Excelente para aplicação em pequena escala, em lugares de difícil acesso ou remotos;
- Permite uma produção mais descentralizada e mais perto dos locais de consumo final.

Já como desvantagens:

- Tal como já foi referido anteriormente, os painéis solares são afetados pelas condições climáticas o que afeta diretamente a sua produção. Para além deste problema, no período noturno a produção dos mesmos é nula o que obriga à existência de meios de armazenagem ou produção de energia nos locais onde não se encontram ligados à RESP;
- As formas de armazenamento atuais ainda são pouco eficientes e com custos elevados;

- O rendimento dos painéis solares fotovoltaicos ainda é diminuto quando comparado com as atuais formas de produzir energia elétrica. Contudo, os desenvolvimentos da tecnologia têm vindo a aumentar este valor.

3.6. Conclusão

Neste capítulo foram expostos os sistemas solares fotovoltaicos, bem como o princípio de funcionamento pelo qual se regem.

Mostraram-se ainda as diferentes tecnologias presentes no mercado atualmente e quais as mais predominantes, onde se destacaram custo de produção dos mesmo e o seu rendimento em laboratório.

Quando comparadas as vantagens com as desvantagens do uso desta tecnologia, percebe-se que os campos de aplicação, bem como a contribuição da diminuição do consumo de energia primária, tornam esta tecnologia cada vez mais atrativa tanto para o consumidor particular (habitação), como para o consumidor do setor terciário.

Os dados apresentados no presente capítulo, servem de base para o desenvolvimento do estudo de viabilidade técnica.

4. Sistema Eólico

4.1. Introdução

A energia eólica não é mais que a transformação de energia do vento em energia que possa ser utilizada pelo consumidor final. Trata-se de uma forma de produção limpa, não produzindo poluentes durante a transformação contudo tal como os sistemas fotovoltaicos, a sua produção tem impactos ambientais.

Já desde a antiguidade se percebeu que o vento é um recurso a ser explorado. Exemplo são os barcos que se moviam graças à força que o vento exercia na vela, os moinhos de moagem de cereais e a bombagem de água que permitem converter o vento em energia mecânica.

Atualmente, o uso do vento para criação de energia mecânica caiu, contudo passou a fazer-se um aproveitamento do mesmo para a produção de energia elétrica. Esta transformação é obtida recorrendo a aerogeradores localizados estrategicamente.

O sistema eólico teve a sua primeira aparição (na forma mais atual), durante a crise do petróleo dos anos 70.

4.2. Aerogerador

Um aerogerador é um equipamento que transforma a energia cinética do vento em energia elétrica. Tratando-se de um processo que tem como fonte de energia um recurso renovável, a energia resultante da produção passa a ser uma energia também ela renovável e não poluente.

4.3. Tipos de Aerogerador

Os tipos de aerogeradores são definidos pelo tipo de rotor que usam, ou seja, rotor de eixo vertical ou de eixo horizontal, Figura 4.1 e 4.2. A escolha do tipo de equipamento a ser usado depende dos custos de produção, da eficiência, da potência instalada e da velocidade do vento no local da instalação.

- **Aerogerador de Rotor de eixo vertical:**

- São geralmente mais caros que os de rotor de eixo horizontal, uma vez que o movimento do gerador não é o mesmo que o do movimento do vento;
- Têm um desempenho muito inferior aos de rotor horizontal, contudo a sua construção permite, por exemplo, a sua aplicação em cidades;
- No que respeita a potência instalada esta nunca será superior a 2MW.

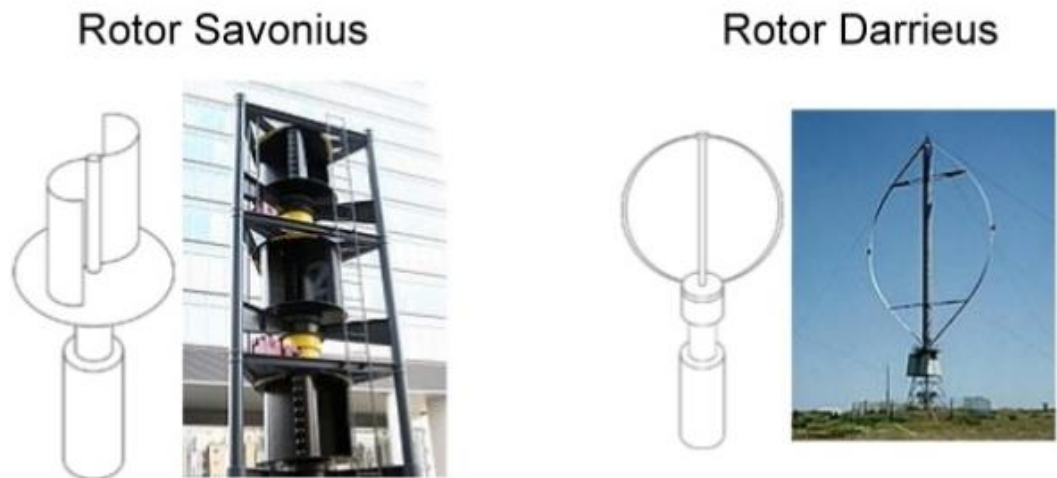


Figura 4.1 - Exemplos de Aero geradores de eixos vertical (Portal Energia, 2018).

- **Aero gerador de Rotor de eixo horizontal:**

- São os mais conhecidos e os mais utilizados, uma vez que a sua eficácia compensa o custo elevado de produção;
- Normalmente são constituídos por 3 pás que são impulsionadas pela força de sustentação;
- Possuem uma eficácia grande dado que apresentam pouca resistência ao ar;
- A sua capacidade de potência instalada pode variar entre os 2 e os 5MW.



Figura 4.2 - Exemplo de Aero geradores de eixo horizontal (Aero geradores.org, 2011).

4.4. Constituição de um Aerogerador de Eixo Horizontal

Os aerogeradores são constituídos por diversos componentes como se encontra representado na Figura 4.3. De seguida, clarificam-se quais os principais elementos bem como a sua função.

As (blades) pás, que são o elemento crucial para o funcionamento do sistema, uma vez que são estas que captam a energia do vento dando assim potência ao centro do rotor. São normalmente fabricadas com recurso a plástico ou fibra de vidro, tornando-se leves e resistentes. O seu projeto emprega os conceitos usados na aeronáutica para os cálculos das asas dos aviões. O rotor é o elemento onde se fixa as pás, permitindo a transmissão de movimento ao eixo de rotação lento. É neste elemento que se encontra a capacidade de controlo das pás, permitindo o seu ajuste a características do vento ou em caso de paragem. A torre que não é mais do que o elemento de suporte da cabine (nacelle). A altura deste elemento é definida com recurso aos estudos de vento que se fizeram para o local de montagem. A nacelle é o compartimento, que como já foi referido fica instalado no cimo da torre, têm na sua composição a caixa multiplicadora (gearbox) e todos os sistemas de geração de energia e controlo. É o componente mais pesado de todo o aerogerador, podendo ultrapassar as 72 toneladas. A gearbox tem como função a transformação das baixas rotações do eixo lento (cerca de 19 a 62 rpm), de modo a que atinga as 1500 rpm necessárias ao funcionamento do gerador. O gerador (generator) não é mais do que o equipamento responsável pela conversão da energia mecânica em energia elétrica. Portal Energias Renováveis (2018)

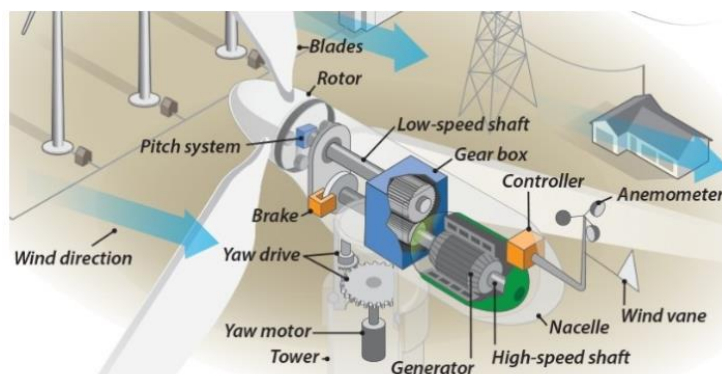


Figura 4.3 - Esquema básico e componentes constituintes de um Aerogerador (Portal Energia, 2018).

4.5. Vantagens e Desvantagens de um Aerogerador

A energia eólica, quando comparada com as outras formas de energia comporta numerosas vantagens, a saber:

- Trata-se de uma fonte de energia inesgotável;
- Não emite gases poluentes nem gera resíduos de uma forma direta;
- Permite a diminuição dos gases de efeito de estufa (GEE);
- Permite a criação de emprego;
- Gera investimento em zonas mais desfavorecidas.

Mas, apesar destas vantagens, apresenta algumas desvantagens que devem ser tidas em linha de conta aquando da sua utilização:

- Apesar de se tratar de uma fonte inesgotável, está diretamente dependente das condições climáticas (existência de vento);
- Provoca um impacto visual e sonoro considerável, principalmente em zonas com habitação perto;
- Altera e afeta o padrão e habitat das aves (choque contra as pás, etc.).

4.6. Conclusão

Com este capítulo pretendeu-se clarificar a constituição e funcionamento dos sistemas eólicos.

Tal como no sistema fotovoltaico, o sistema eólico apresenta vantagens e desvantagens que devem ser analisadas profundamente antes da implementação do sistema. Atualmente verifica-se que a sua aplicação fica muito pelos parques eólicos e produção a grande escala, sobretudo devido à ausência de ventos relevantes na maioria dos locais urbanos e na pouca oferta de equipamentos de baixa potência com uma relação custo-benefício interessante para a maioria dos locais.

Os dados apresentados no presente capítulo, servem de base para o desenvolvimento do estudo de viabilidade técnica.

5. Armazenamento de Energia

5.1. Introdução

Em sistemas isolados ou em sistemas com ligação à RESP, torna-se necessário tirar a maior rentabilidade do sistema de produção instalado e, no caso dos sistemas isolados, garantir que nos momentos em que não existe produção, ou em que esta seja insuficiente, é possível utilizar energia. Assim, torna-se importante o uso de um equipamento que permita o armazenamento de energia, sem grandes perdas, e que quando solicitado consiga fornecer a mesma.

Para que este sistema funcione como previsto, para além do sistema de acumulação, são necessários três tipos de equipamentos de conversão: os reguladores de carga, que tal como o nome indica fazem o controlo da energia que entra e sai do sistema de acumulação; os retificadores (para sistemas ligados à RESP), que fazem a conversão da corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC) para permitir a acumulação; e os inversores que fazem exatamente o oposto dos retificadores, convertendo corrente contínua em corrente alternada.

5.2. Baterias

O armazenamento de energia elétrica desde sempre constituiu um problema, o que levou a que muitas pessoas se dedicassem ao desenvolvimento e melhoria dos sistemas de baterias capazes de armazenar energia elétrica de forma o mais eficiente possível.

Trata-se de um sistema com uma base eletroquímica reversível e que deve ter capacidade suficiente para garantir o fornecimento de energia durante os períodos de não produção, por exemplo o período noturno.

O circuito equivalente de uma bateria pode ser modelizado por uma fonte de tensão ideal (V^{CO}) em série com um resistência interna (R_i), onde V^{CO} e R_i dependem do estado da carga da bateria.

$$V_{bat} = V^{CO} - I_{bat} * R_i \quad (5.1)$$

A tensão de circuito aberto pode ser obtida a partir de métodos empíricos ou das equações de Nernst. Já a resistência interna é expressa em função do estado da carga da bateria, e da temperatura de funcionamento, bem como das correntes de carga e descarga. Trovão (2012).

De acordo com o tipo de utilização final, conseguimos definir diferentes tipos de baterias:

- Baterias Estacionárias: encontram-se geralmente instaladas num sítio fixo e fornecem energia de uma forma constante ou de acordo com a necessidade do momento;
- Baterias de Arranque: geram valores elevados de corrente num período de tempo muito reduzido, por exemplo nos carros. O tempo de vida útil deste tipo de baterias é inferior às baterias estacionárias;
- Baterias de Tração: são responsáveis pelo fornecimento de energia aos veículos elétricos, onde se pede uma intensidade de corrente relativamente elevada durante um período de tempo maior que as de arranque.

Atualmente existem quatro tecnologias principais utilizadas nas baterias secundárias (i.e. recarregáveis), cada uma com características diferenciadas e direcionadas para um tipo de aplicação mais específico, a saber Battery University (2017a):

- Ácido-Chumbo (*Lead Acid, Pb Acid*) – É o sistema recarregável mais antigo. As baterias que utilizam esta composição são resistentes, apresentam uma boa capacidade de resistir ao abuso de utilização e têm um preço económico, mas apresentam uma baixa densidade de energia e têm ciclos de carga e descarga limitados. Este tipo de baterias têm como principais aplicações o arranque de veículos com motor de combustão interna e algumas aplicações de tração de baixo desempenho, como carrinhos de golfe, empilhadoras, *scooters* em países em desenvolvimento, a iluminação de emergência, UPS (fontes de alimentação ininterrupta), entre outras. Sendo o chumbo um componente tóxico, o seu tratamento no fim de vida da bateria tem de ser cuidado e não deve ser descartado para os aterros sanitários.
- Níquel-Cádmio (*Nickel-cadmium, NiCd*) – São baterias resistentes e duradouras, tendo uma longa vida útil, altas correntes de descarga e conseguem operar com temperaturas extremas caso seja necessário. Tem como principais aplicações ferramentas elétricas, dispositivos médicos, entre outros. Devido à sua toxicidade e preocupações ambientais, este tipo de baterias foi substituída por outras com uma composição química diferente.
- Hidretos Metálicos de Níquel (*Nickel-metal-hydride, NiMH*) – São baterias que surgiram como substitutas às baterias de Níquel-Cádmio, pois a sua composição química utiliza metais menos tóxicos e fornece uma densidade de energia maior. Este tipo de bateria tem como aplicações os carros híbridos e aplicações industriais. Este

tipo de tecnologia também se pode encontrar nas pilhas recarregáveis usadas em utilização doméstica como em comandos, lanternas e brinquedos, sendo mais usadas neste domínio.

- Iões de lítio (*Lithium-ion*) – As baterias de Li-ion, têm vindo a substituir as baterias de chumbo, níquel e metais de níquel. Trata-se de uma bateria mais cara, mas apresenta um alto número de ciclos de carga e descarga e baixa manutenção. Quando tido em conta estes dois pontos, estas baterias apresentam uma relação custo por ciclo mais baixo que as outras baterias químicas.

Na Tabela 5.1 mostra-se a comparação dos quatro sistemas de baterias recarregáveis apresentados anteriormente, ao nível do seu desempenho médio.

Tabela 5.1 – Características das baterias recarregáveis mais comuns (Battery University, 2017)

Specifications	Lead Acid	NiCd	NiMH	Li-ion ¹		
				Cobalt	Manganese	Phosphate
Specific energy (Wh/kg)	30–50	45–80	60–120	150–250	100–150	90–120
Internal resistance	Very Low	Very low	Low	Moderate	Low	Very low
Cycle life ² (80% DoD)	200–300	1,000 ³	300–500 ³	500–1,000	500–1,000	1,000–2,000
Charge time ⁴	8–16h	1–2h	2–4h	2–4h	1–2h	1–2h
Overcharge tolerance	High	Moderate	Low	Low. No trickle charge		
Self-discharge/month (room temp)	5%	20% ⁵	30% ⁵	<5% Protection circuit consumes 3%/month		
Cell voltage (nominal)	2V	1.2V ⁶	1.2V ⁶	3.6V ⁷	3.7V ⁷	3.2–3.3V
Charge cutoff voltage (V/cell)	2.40 Float 2.25	Full charge detection by voltage signature		4.20 typical Some go to higher V		3.60
Discharge cutoff voltage (V/cell, 1C)	1.75V	1.00V		2.50–3.00V		2.50V
Peak load current Best result	5C ⁸ 0.2C	20C 1C	5C 0.5C	2C <1C	>30C <10C	>30C <10C
Charge temperature	–20 to 50°C (–4 to 122°F)	0 to 45°C (32 to 113°F)		0 to 45°C ⁹ (32 to 113°F)		
Discharge temperature	–20 to 50°C (–4 to °F)	–20 to 65°C (–4 to 49°F)		–20 to 60°C (–4 to 140°F)		
Maintenance requirement	3–6 months ¹⁰ (toping chg.)	Full discharge every 90 days when in full use		Maintenance-free		
Safety requirements	Thermally stable	Thermally stable, fuse protection		Protection circuit mandatory ¹¹		
In use since	Late 1800s	1950	1990	1991	1996	1999
Toxicity	Very high	Very high	Low	Low		
Coulombic efficiency ¹²	~90%	~70% slow charge ~90% fast charge		99%		
Cost	Low	Moderate		High ¹³		

1. Combining cobalt, nickel, manganese and aluminum raises energy density up to 250Wh/kg.
2. Cycle life is based on the depth of discharge (DoD). Shallow DoD prolongs cycle life.
3. Cycle life is based on battery receiving regular maintenance to prevent memory.
4. Ultra-fast charge batteries are made for a special purpose.
5. Self-discharge is highest immediately after charge. NiCd loses 10% in the first 24 hours, then declines to 10% every 30 days. High temperature and age increase self-discharge.
6. 1.25V is traditional; 1.20V is more common.
7. Manufacturers may rate voltage higher because of low internal resistance (marketing).
8. Capable of high current pulses; needs time to recuperate.
9. Do not charge Li-ion below freezing.
10. Maintenance may be in the form of equalizing or topping charge* to prevent sulfation.
11. Protection circuit cuts off below about 2.20V and above 4.30V on most Li-ion; different voltage settings apply for lithium-iron-phosphate.
12. Coulombic efficiency is higher with quicker charge (in part due to self-discharge error).
13. Li-ion may have lower cost-per-cycle than lead acid.

Dentro da tecnologia de íons de lítio, existem diferentes variantes, nomeadamente aquelas cujo cátodo é baseado em Cobalto e em Fosfato de Ferro.

Atualmente existem cinco tipos de baterias que estão a ser desenvolvidas em laboratório e que num futuro próximo podem vir a ser uma resposta aos atuais problemas das baterias, como se pode ver na Tabela 5.2.

- **Lítio-Ar (*Lithium-air*)** – Esta bateria criou uma nova fronteira que promete um maior armazenamento de energia do que aquele que é hoje possível com a atual tecnologia de íons de lítio. A tecnologia desta bateria baseia-se nas células de combustível de zinco-ar. Esta tecnologia foi proposta inicialmente em 1970 e voltou a ter o interesse renovado no final do ano de 2000, com o avanço nas ciências dos materiais. A potência específica destas baterias pode ser baixa, sobretudo em baixas temperaturas e locais onde o ar seja muito poluído.
- **Lítio-Metal (*Lithium-metal*)** – É vista como a futura bateria recarregável, uma vez que apresenta uma alta densidade de energia e boa capacidade de carga. Contudo a deposição descontrolada de lítio que leva ao crescimento de dendritos, induz um risco de segurança. Apesar deste risco existir, atualmente já se procura uma solução para inibir o mesmo.
- **Lítio de estado sólido (*Solid-state Lithium*)** – Atualmente as baterias de íons de lítio usam um ânodo de grafite o que reduz a densidade de energia. Esta bateria substitui a grafite por lítio e o eletrólito líquido por um polímero ou um separador cerâmico. As

baterias de estado sólido prometem armazenar o dobro de energia em comparação com as de íons de lítio, contudo as capacidades de carregamento podem ser baixas.

- Lítio-enxofre (*Lithium-Sulfur*) – Devido ao baixo peso atômico do lítio e ao peso moderado do enxofre, este tipo de baterias pode oferecer uma densidade de energia muito alta, cerca de três vezes a energia das baterias de íons de lítio. O grande desafio que esta bateria enfrenta é a vida útil limitada, cerca de 40-50 cargas/descargas.
- Íons de sódio (*Sodium-Ion*) – O íon de sódio apresenta-se como uma alternativa de baixo custo ao íon de lítio. Ainda precisa de um desenvolvimento adicional para melhorar o número dos ciclos de vida e resolver a grande expansão volumétrica que existe quando a bateria atinge a carga total.

Tabela 5.2 – Resumo das baterias em desenvolvimento (Battery University, 2016)

Chemistry	Lithium-air	Lithium-metal	Solid-state Lithium	Lithium-sulfur Li-S	Sodium-iron Na-ion
Type	Air cathode with lithium anode	Lithium anode; graphite cathode	Lithium anode; polymer separator	Lithium anode; sulfur cathode	Carbon anode; diverse cathodes
Voltage per cell	1.70–3.20V	3.60V	3.60V	2.10V	3.6V
Specific Energy	13kWh/kg (theoretical)	300Wh/kg	300Wh/kg (est.)	500Wh/kg or less	90Wh/kg
Charging	Unknown	Rapid charge	Rapid charge	0.2C (5h)	Unknown
Discharging	Low power; inferior when cold	High power band	Poor conductivity when cold	High power (2,500W/kg)	Unknown
Cycle life	50 cycles in labs	2,500	100, prototypes	50, disputed	50 typical
Packaging	Not defined	Not defined	Prismatic	Not defined	Not defined
Safety	Unknown	Needs improvement	Needs improvement	Protection circuit required	Safe; shipment by air possible
History	Started in 1970s; renewed interest in the 2000s. R&D by IBM MIT, UC, etc.	Produced in the 1980s by Moli Energy; caused safety recall	Similar to Li-polymer that started in 1970	New technology; R&D by Oxis Energy, Bosch and others.	Ignored in the 1980s in favor of lithium; has renewed interest
Failure modes	Lithium peroxide film stops electron movement with use. Air impurity causes damage.	Dendrite growth causes electric short with usage	Dendrite growth causes electric short; poor low temperature performance	Sulfur degrades with cycling; unstable when hot, poor conductivity	Little research in this area
Applications	Not defined; potential for EV	EV, industrial and portable uses	EES, wheeled mobility; also talk about EV	Solar-powered airplane flight in August 2008	Energy storage
Comments	Borrowed from “breathing” zinc-air and fuel cell concept	Good capacity, fast charge and high power keep interest high	Similar to lithium-metal; may be ready by 2020; EVs in 2025	May succeed Li-ion due to lower cost and higher capacity	Low cost in par with lead acid. Can be fully discharged.

Uma bateria deve possuir alguns requisitos, que as tornem viáveis como dispositivos de armazenamento de energia elétrica. Atualmente, existem oito pontos básicos que devem

ser tidos em consideração tanto para a construção da bateria como para a escolha da mesma. Estes oito pontos-chave são conhecidos como bateria octogonal, como se encontra representado na Figura 5.1 e são eles (Battery University, 2017b):

1. Alta densidade de energia (*High specific energy*)- Uma característica importante em produtos de consumo é o tempo de execução longo, para isso os fabricantes recorrem a baterias com alta capacidade (Ah). As baterias de íões de lítio encontram-se normalmente associadas a este tipo de energias específicas, contudo não significa que estas baterias tenham elevados valores de capacidade.
2. Alta potência específica (*High specific power*) – As baterias que normalmente são projetadas para alimentar ferramentas, apresentam uma alta capacidade de carga, mas uma densidade de energia baixa.
3. Preço acessível (*Affordable price*) – Os materiais, o processamento dos mesmos e o controle de qualidade aumentam o custo de fabricação das baterias. Uma solução encontrada para este problema foi a produção em massa.
4. Longevidade (*Long life*) – A longevidade é uma característica transversal a todo o tipo de baterias, mas ganha uma maior relevância quando se fala em baterias de maior capacidade, que conseqüentemente têm maiores custos. Esta característica depende não apenas do design da bateria, mas também do seu uso. Também, as temperaturas adversas, tempos de carga rápidos e condições de descarga severas aceleram a degradação da bateria.
5. Segurança (*Safety*) – Apesar das baterias com base em lítio apresentarem uma alta densidade de energia, os seus sistemas são geralmente reativos e instáveis, em particular as com cátodos baseados em cobalto.
6. Ampla faixa de operação (*Wide operating range*) – A temperatura ambiente é a condição ideal para a operação da maioria das baterias, uma vez que o frio reduz a reação eletroquímica. Este problema pode ser minimizado recorrendo a cobertores de aquecimento e sistemas de gestão térmica a ar ou líquido. Tal com o frio, o calor elevado provoca um encurtamento da vida da bateria e compromete a segurança da mesma.
7. Toxicidade (*Toxicity*) – As baterias com base em cádmio e mercúrio foram substituídas por metais alternativos por razões ambientais. Atualmente a Europa está a tentar banir as baterias de chumbo-ácido, contudo atualmente ainda não foi

apresentada uma substituição económica de desempenho semelhante. As baterias com base em níquel e lítio apesar de conterem material menos tóxico, representam um risco caso não sejam descartadas de forma correta.

8. Carregamento rápido (*Fast charging*) – As baterias com base em lítio e níquel apresentam um tempo de carga de cerca de 90 minutos e as de íões de lítio entre as 2 a 3 horas. Já as baterias de ácido de chumbo não conseguem atingir um carregamento rápido, andando o seu tempo de carga entre as 8 e as 16 horas. Para garantir um tempo de carga rápido, as baterias devem ser construídas para tal, estar à temperatura ambiente e estarem em boas condições gerais.



Figura 5.1 – Bateria Octogonal (Battery University, 2017)

Para a aplicação pretendida neste trabalho, para além das tradicionais baterias de chumbo, empresas como a Tesla e a Nissan desenvolveram baterias para uso específico em habitações, onde é feito o armazenamento de energia elétrica com origem em sistemas de produção com base em energias renováveis.

No caso da Tesla, apresenta a *Powerwall* (Figura 5.2), uma bateria com base em íões de lítio, como complemento aos seus painéis solares convencionais e ao *Solar Roof*.



Figura 5.2 – *Powerwall* da Tesla (Tesla, 2018)

Esta bateria apresenta uma capacidade de 13.5kWh, uma profundidade de descarga de 100% e uma eficiência entre ciclos de 90%. Permite a ligação a sistemas solares de autoconsumo e uma expansão de até dez módulos. No que diz respeito a potência, de uma forma contínua permite potências na ordem dos 5kW e em pico pode atingir os 7kW. Apresenta como grande vantagem a capacidade de poder ser instalada também no interior como no exterior da habitação.

Já a Nissan, estando na vanguarda dos veículos elétricos e equipando os seus carros com a capacidade V2G era de esperar que se voltassem também para o setor habitacional apresentando agora painéis solares e a muito recente bateria xStorage (Figura 5.3).

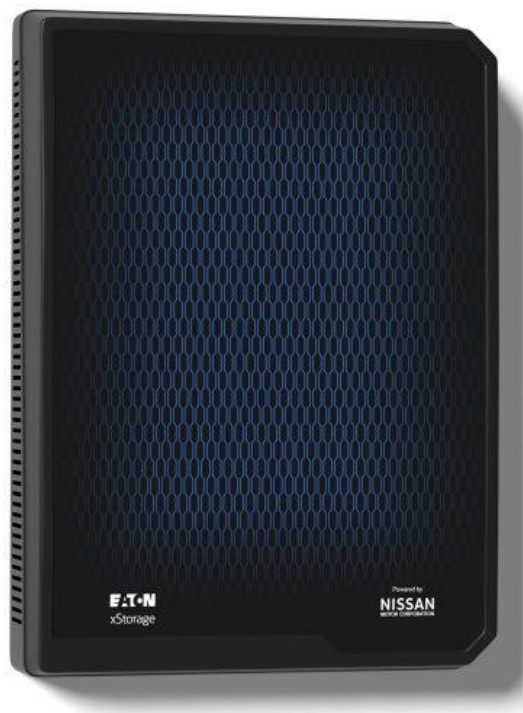


Figura 5.3 – *xStorage* da Nissan (Nissan, 2018)

A *xStorage* apresenta duas capacidades, 4,2 kWh e 6 kWh, não se encontrando especificado a profundidade de descarga nem a eficiência entre ciclos. Tem como potências para operar 3,6 kW, 4,6 kW e os 6 kW.

5.3. Reguladores de Carga

O regulador de carga é o principal componente de um sistema de produção com baterias, uma vez que cabe a este sistema proteger as baterias de serem sobrecarregadas ou descarregadas

profundamente. Com este componente, que faz a monitorização da tensão dos terminais da bateria, consegue-se um armazenamento mais eficaz. Estes equipamentos têm especial importância em sistemas isolados, onde o controlo feito sobre as cargas deve ser mais rigoroso.

Existem três tipos de reguladores:

- Reguladores Série – Têm na sua constituição interruptores eletrónicos, um detetor de tensão e um dispositivo de controlo capaz de fazer a gestão do processo de carga e descarga das baterias analisando os valores de tensão. A atribuição do nome deve-se ao facto dos interruptores eletrónicos ficarem em série com os equipamentos do sistema produtor. O controlo do processo de carga e descargas é feito com recurso aos interruptores isolando as baterias quando totalmente carregadas e desligando cargas durante o processo de descarga.
- Reguladores Paralelo – Na sua base de construção é em tudo muito semelhante ao regulador em série, diferenciando-se apenas na posição em que se encontram os interruptores em relação ao sistema de produção. Neste caso passam a estar em paralelo tal como o nome indica. Uma vez que com esta configuração a carga passa a ser controlada através de um curto-circuito momentâneo ao sistema produtor, passa a ser possível evitar que o sistema de produção, durante os períodos não produtores, funcione como carga.
- Reguladores MPPT – permitem retirar o máximo partido do sistema de produção a utilizar. Para além das funções já indicadas anteriormente, este procura o ponto de potência máxima e impõe ao sistema a tensão correspondente a esse ponto, garantindo que o sistema se encontra sempre perto do ponto de potência máxima. Em relação à sua construção, estes reguladores são mais complexos que os anteriores, uma vez que a capacidade de controlo tem de ser maior e necessitam de um conversor DC/DC para permitir a imposição referida anteriormente.

Para o dimensionamento deste componente é necessário ter em linha de conta a tensão de trabalho e a maior corrente exigida pelo sistema. O regulador deve ser dimensionado para superar a corrente dos painéis ou de consumo, naquele que for o maior valor.

5.4. Inversores

Os inversores de corrente são o equipamento que transforma a energia acumulada nas baterias em CC em CA a 230V/400V, permitindo a regulação da tensão para as características típicas

de uma instalação. Este equipamento é de fundamental importância em sistemas independentes, uma vez que compete a este sistema fornecer toda a potência necessária para o funcionamento dos equipamentos a ele ligados. Contudo este fornecimento só é possível até aos limites da bateria e/ou painéis solares fotovoltaicos que fornece a energia assim, aquando do dimensionamento deste componente, deve-se procurar uma sinergia entre os dois.

Sendo este o equipamento que faz a ponte entre o sistema produtor e o sistema final, tem de estar preparado para garantir o bom desempenho e suportar as oscilações provocadas pelos dois lados do sistema.

Os inversores encontram-se divididos em duas categorias:

- Inversores de onda pura – A forma de onda que este equipamento produz aproxima-se o máximo possível de uma senoide perfeita, tal como a que é fornecida pela RESP. Este tipo de inversor é o mais aconselhado uma vez que as instalações na sua grande maioria são dimensionadas para estar ligadas a RESP e os equipamentos que dela irão fazer parte estão preparados para uma alimentação com determinadas características;
- Inversores de onda modificada – A forma de onda que produz, ao contrário do sistema anterior não é uma senoide, mas sim uma onda quadrada ou em escada. Este tipo de equipamento limita o raio de ação no que toca a equipamentos que pode alimentar (sendo na sua maioria cargas resistivas).

Para além da onda que geram à saída, ainda é possível classificar os inversores com a sua possibilidade ou não de ligação a RESP.

Atualmente designam-se por inversores *on-grid* ou híbridos os inversores que permitem a gestão de diferentes fontes de energia, sendo ela a produção local ou a partir da RESP. Neste caso o inversor a aplicar tem obrigatoriamente ser de onda pura e respeitar as características da rede. Este tipo de inversor permite uma otimização e um máximo aproveitamento da energia proveniente da produção local e ao mesmo tempo diminuir a dependência da energia da rede.

Já os inversores *off-grid* permitem, à semelhança dos híbridos, a gestão das fontes de energia mas não permitem a ligação à RESP, sendo que neste caso qualquer um dos tipos de inversor anteriormente referido pode ser utilizado. Contudo, deve-se salvaguardar o bom funcionamento de todos os equipamentos a utilizar quando se opta por um inversor que produza uma onda que não seja sinusoidal.

As diferenças de um inversor *on-grid* em relação a um inversor *off-grid* dependem diretamente de certas características. De seguida apresentam-se essas diferenças tendo em consideração essas características.

Tabela 5.3 – Comparação de cenários dependendo do tipo de inversor utilizado

	Inversor <i>On-Grid</i>	Inversor <i>Off-Grid</i>
Energia produzida é superior ao consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Energia dos painéis alimenta as cargas e as baterias; • Energia restante é injetada na rede 	<ul style="list-style-type: none"> • Energia dos painéis alimenta as cargas e as baterias; • Energia restante não pode ser injetada na rede
Consumo superior à energia gerada	<ul style="list-style-type: none"> • Alimenta as cargas da instalação que depende do sistema de produção e da rede; 	<ul style="list-style-type: none"> • Não consegue alimentar a totalidade das cargas e fica dependente da capacidade armazenada na bateria;
Não existe consumo e bateria totalmente carregada	<ul style="list-style-type: none"> • Energia gerada pela produção é injetada diretamente na rede elétrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Energia gerada não é aproveitada, tornando-se desperdício

6. Projeto de Sistema Híbrido com Produção Autónoma

6.1. Introdução

Neste capítulo pretende-se utilizar as bases descritas anteriormente para idealizar um sistema híbrido (sistema fotovoltaico mais sistema eólico com apoio de gerador), para alimentar uma habitação com tipologia T3 isolada e com capacidade de carregar um veículo elétrico (VE), onde não existe a possibilidade de ligação à RESP. Para além destas três formas de alimentação prevê-se ainda a possibilidade que o VE seja do tipo híbrido *Plug-In* e seja possível, quando necessário, desviar a energia acumulada nas suas baterias para a alimentação das instalações da habitação.

Esta moradia encontra-se localizada em Alvoco da Serra, Guarda (Figura 6.1). Esta localização permite o aproveitamento da energia eólica sem pôr em causa a sua viabilidade uma vez que se trata de uma zona montanhosa e atualmente na Serra de Alvoaça se encontra edificado um parque eólico.

Para o fim deste estudo, fizeram-se as seguintes considerações:

- Ocupação permanente da casa;
- Utilizadores da moradia têm um VE;
- Família constituída por quatro elementos, dois adultos e duas crianças;
- Os adultos encontram-se numa faixa etária compreendida entre os 30-40 anos e as crianças entre os 6-16 anos;
- Os adultos encontram-se no local de trabalho entre as 9h e as 18h de segunda a sexta-feira e as crianças, sendo estudantes encontram-se em aulas entre as 8h30 e as 17h;
- Assume-se que os utilizadores são informados e conscientes da utilização correta de um sistema como o que se vai desenvolver;
- As cargas elétricas são minimizadas o mais possível, dando sempre que possível prioridade a equipamentos que permitem uma alimentação que não necessite de energia elétrica;
- O fogão, as águas quentes sanitárias (AQS) e o aquecimento geral da casa é feito com recurso a uma fonte de energia não elétrica (solar térmico, geotermia, gás, lenha, etc.);

- Todas as outras especialidades, seja água, gás ou telecomunicações não foram tidas em linha de conta para esta solução.

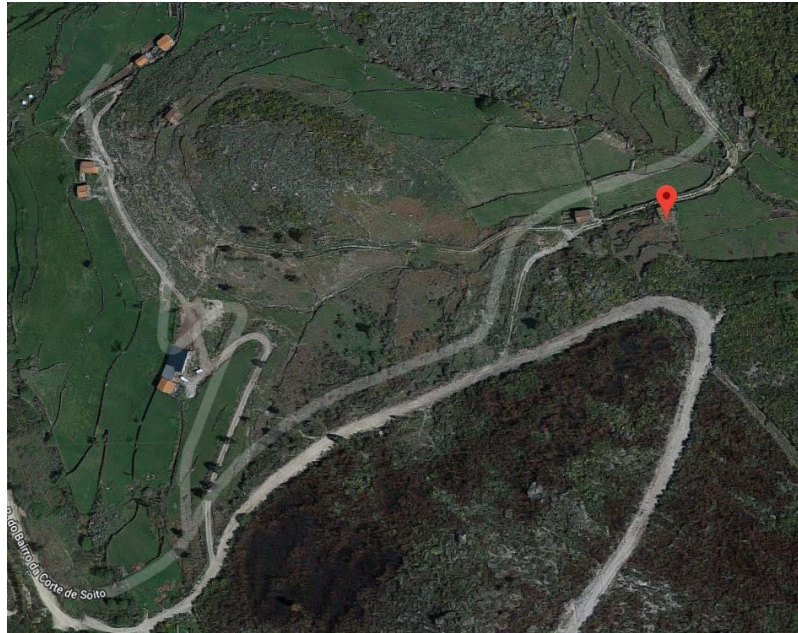


Figura 6.1 - Localização da moradia (Google Earth, 2018).

6.2. Descrição da Moradia

Como já foi referido, o estudo que em seguida se desenvolve, tem como base uma moradia genérica com uma tipologia T3. O edifício é composto por três pisos, cave, R/C e 1º andar.

6.2.1. Cave (Piso -1)

- Atelier;
- Instalação sanitária;

6.2.2. Rés-do-Chão (Piso 0)

- Sala de estar, Sul, uma porta sacada para a varanda;
- Escritório, Norte, uma janela;
- Instalação sanitária, Norte, uma janela;
- Cozinha, sul, com três janelas e uma porta sacada para a varanda;
- Garagem com portão e janela a norte, porta dos fundos para sul;
- Corredor;
- Sala de refeições, Sul, uma janela e uma porta sacada para a varanda;
- Hall de entrada, porta principal e janela para norte, com janela para oeste;

6.2.3. 1ºAndar (Piso 1)

- Quarto 1, sul, uma porta sacada para a varanda para sul;
- Quarto 2, sul, uma porta sacada para a varanda para sul;
- Quarto 3 com WC norte uma porta sacada para a varanda & WC, para norte com uma janela, e para nascente com outra;
- WC 2 com janela para nascente;
- Hall;

6.2.4. Orientação

O eixo da moradia encontra-se alinhado do lado nascente para poente. Sendo assim as áreas mais frequentadas encontram-se localizadas a sul permitindo um melhor aproveitamento da energia fornecida pelo sol. (Ver Anexo I).

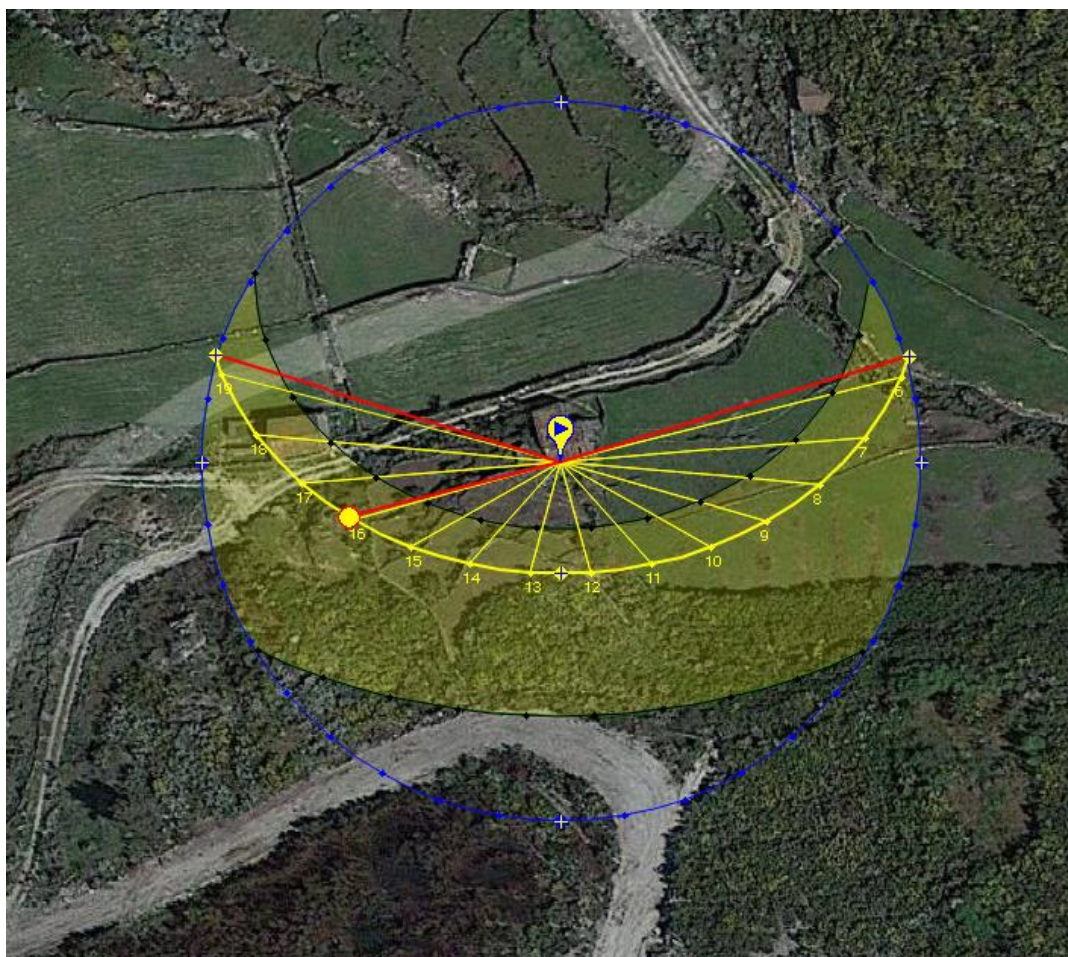


Figura 6.2- Localização da moradia, com caminho solar e posição dos raios solares (SunEarthTools, 2018).

6.3. Projeto das Instalações Eléctricas

O projeto refere-se às instalações e equipamentos eléctricos, a executar na construção de uma Moradia T3.

Leis, regulamentos e normas considerados no presente projeto:

- Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (RTIEBT), portaria 949-A/2006.
- Demais legislação e normas em vigor aplicáveis.

6.3.1. Classificação

Quanto ao ambiente, os diferentes locais, encontram-se classificados segundo a tabela abaixo apresentada e às quais correspondem, para os aparelhos e quadros eléctricos, os índices de proteção mínimos especificados, de acordo com as RTIEBT e as normas NP EN 60529 e EN 50102.

Tabela 6.1 – Classificação quanto as influências externas

	INFLUÊNCIAS EXTERNAS	IP / IK
Generalidade dos locais	AA4 + AB4 + BC2 + XX1	IP20 IK04
Sanitários	AA4 + AB4 + AD2 + BB2 + BC3 + XX1	IP21 IK04
Exterior	AA8 + AB8 + AD3 + AF2 + AN2 + BC2 + XX1	IP43 IK04

Nos desenhos, os locais sem classificação assumem-se como fazendo parte do conjunto da “Generalidade dos locais”.

Quanto à utilização, os locais de habitação enquadram-se na secção 801.5 das RTIEBT.

6.3.2. Instalações Eléctricas

Com base nas atuais RTIEBT, projetaram-se as instalações eléctricas seguintes:

- Instalação de Alimentação de Energia (ligação entre os quadros eléctricos e ligação às fontes de produção de energia eléctrica);
- Instalações Eléctricas de Utilização (circuitos de tomadas, circuitos de iluminação);
- Instalação de Carregador de VE com possibilidade de V2G;

6.3.3. Instalação de Alimentação, Distribuição e Medida de Energia

A alimentação de energia elétrica será efetuada através de um ramal em Baixa Tensão (BT), a partir do sistema de produção autônomo a ser instalado. O sistema será composto por painéis solares e um aerogerador.

O estabelecimento das instalações de utilização de energia elétrica, na parte que lhes diz respeito, obedecerá aos esquemas e desenhos, anexos (ver Anexos II a X), com implantação de circuitos, e ainda, ao que sobre eles adiante se refere.

6.3.4. Quadros Elétricos

Existirá um Quadro Elétrico de Entrada (QE) de onde partirão as alimentações elétricas aos equipamentos, conforme desenhos (ver Anexos II a X).

Os quadros elétricos obedecerão aos respectivos esquemas, possuirão índice de proteção de acordo com a classificação consoante o ambiente, atribuída aos locais de implantação. Todos os quadros elétricos a serem implementados no projeto de instalações elétricas serão de classe II. Serão implantados nos locais referenciados nos desenhos. Devem, ainda, obedecer às RTIEBT no que às condições do presente projeto seja aplicável, sobretudo ao conteúdo das secções 132.12, 512.1, 514 e 536.2.1.2 daquelas Regras, designadamente no que respeita a:

- Acessibilidade dos aparelhos e facilidade de regulação e afinação;
- Distâncias de isolamento, tendo em vista as distâncias no ar e comprimento das linhas de força;
- Secção nominal das ligações internas e identificação por cor própria;
- Identificação dos aparelhos, sua natureza e valores nominais;
- Existência de borne para ligação ao condutor de proteção;
- Identificação clara e sem margem para dúvidas das posições de ligado e desligado dos aparelhos de corte, comando e proteção;
- Disposição esquemática de fácil e rápida compreensão.

Os vários quadros serão preferencialmente de instalação embebida. Os barramentos serão em barras de cobre eletrolítico, previstos para uma intensidade de corrente máxima de $2A/mm^2$, com as dimensões indicadas nos esquemas unifilares e serão assentes em isoladores de porcelana, ou em peças de resina epoxy, próprios para montagem interior e para a tensão nominal de 500V.

Normalmente, a barra de terra ficará distanciada do barramento para simplicidade de ligação.

Todos os condutores deverão ligar as réguas de bornes, tendo essas réguas elementos que permitam identificar rapidamente os circuitos.

Tanto a entrada como todas as saídas deverão ser referenciadas, de acordo com os esquemas, por meio de etiquetas de plástico.

Os aparelhos de corte e proteção devem ainda ser identificados por meio de etiquetas, indicando a função e destino dos circuitos correspondentes.

Junto a cada quadro deverá ser colocado um esquema do mesmo e uma relação dos locais alimentados a partir dos bornes numerados das réguas de terminais existentes.

Existirão sempre dispositivos adequados à proteção do isolamento dos condutores, nos pontos de entrada nos quadros, como "bucins". De notar que estes dispositivos não ficarão diretamente fixos aos quadros mas antes a uma chapa própria, retangular, que será por sua vez fixa ao quadro.

As proteções contra sobreintensidades dos vários circuitos que derivam dos quadros serão asseguradas por disjuntores de disparo magnetotérmico.

Em todos os armários dos quadros elétricos do projeto será deixado pelo menos 20% de espaço de reserva não equipada.

Aparelhagem a instalar nos quadros:

- Interruptores de corte em carga e Sinalização Contra Defeito (S.C.D.);
- Disjuntores de disparo magnetotérmico;
- Contatores, relés e interruptores horários programáveis com e sem célula fotoelétrica;
- Suportes de barramento em escada, de resina epoxy;
- Lâmpadas de sinalização;
- Bornes de ligação;
- Fusíveis.

6.3.5. Canalizações

As canalizações serão, maioritariamente, embebidas nas paredes e pavimento e deverão obedecer ao estipulado nas secções 521 e 801.5 das RTIEBT.

Nestas instalações serão empregues condutores do tipo XV-U ou R, enfiados em tubos.

Os tubos a utilizar serão maioritariamente em tubo VD ou Isogris.

6.3.6. Instalações Elétricas a Considerar

As instalações elétricas a considerar são as seguintes:

- **Iluminação normal:**

A distribuição da iluminação foi projetada de acordo com as disposições regulamentares e critérios técnicos aplicáveis. Para além da proteção contra sobrecargas e curto-circuito, todos os circuitos de iluminação interior terão ainda, proteção diferencial assegurada por dispositivos de média sensibilidade.

A implantação dos circuitos de iluminação será de acordo com os desenhos juntos (Ver Anexo VI a VIII).

O índice de proteção das armaduras, apliques, projetores e outros aparelhos de iluminação a instalar estará de acordo com a classificação quanto ao ambiente atribuída aos locais.

Com vista a uma maior poupança de energia e manobrabilidade da instalação, na sua generalidade, os comandos de iluminação serão feitos por equipamentos de deteção (presença/movimento) e aparelhagem de comando local (interruptores simples, comutadores, etc.), com capacidade de corte de 10 A, própria para montagem embebida.

- **Tomadas para usos gerais:**

Estabelecer-se-ão tomadas para usos gerais na maior parte das paredes, sendo que para equipamentos específicos (que normalmente apresentam potências mais elevadas, com placa e forno) foram criados circuitos dedicados.

As tomadas de energia, do tipo schuko, com capacidade de 16A, serão com alvéolos protegidos.

- **Alimentação de equipamentos:**

Para os locais onde não seja prevista uma alimentação com terminação em tomada, mas sim em caixa de fim de cabo (como por exemplo a alimentação ao carregador de VE), estas caixas deverão respeitar os pontos que de seguida se descrevem. Tudo o que adiante se refere também é aplicável para caixa de derivação e caixas de aparelhagem a instalar no projeto.

Os tipos de caixas a empregar nas instalações são as seguintes:

- Caixas de aparelhagem estanques para fixação dos interruptores e tomadas (quando aplicável).
- Caixas de baquelite, de montagem embebida para a entrada de cabos.
- Caixas de aparelhagem de montagem embebida para fixação de interruptores e tomadas.
- Caixas de fim de cabo com terminais.
- **Rede de Terras de Proteção:**

- **Proteção contra contatos diretos**

A proteção de pessoas contra contatos diretos é assegurada essencialmente por medidas passivas como seja o isolamento dos condutores, as proteções mecânicas destes e da aparelhagem, como quadros elétricos, caixas, afastamento das partes ativas, interposição de obstáculos ou anteparos, etc.

- **Proteção contra contatos indiretos**

A proteção contra contatos indiretos, ou seja contra os riscos de se tocarem massas acidentalmente sob tensão, será assegurada pelo sistema de proteção TT, com ligação direta das massas à terra de proteção por meio de condutores idênticos aos ativos e que farão parte integrante das canalizações em questão, associados à utilização de aparelhos sensíveis à corrente de defeito de média e alta sensibilidade.

- **Circuitos de Terra e Eléttodos de Terra**

Será instalada uma rede de terra de proteção que ligará ao ligador amovível.

Ao circuito de terra ligação ainda, para além da estrutura do edifício, a canalização de abastecimento de água ao edifício, que no troço de entrada será constituída por tubos de material isolante numa extensão não inferior a 5 m de forma a evitar a propagação de um eventual defeito.

○ **Terra de proteção**

Serão ligados à terra de proteção os elementos metálicos da instalação que normalmente não estão em tensão, mas que poderão eventualmente estar, devido a avarias ou circunstâncias externas (defeito de isolamento).

○ **Eléttodos de Terra**

Os eléctodos de terra serão constituídos por vareta de aço, com ponteira e cabeça, enfitados a cobre ou cobreados ou de outro tipo, de acordo com o preceituado na secção 542.2 das RTIEBT. Cada eléctodo terá, pelo menos, um comprimento de 1,5 m e um diâmetro de 15 mm.

Estes eléctodos deverão localizar-se em terreno tão húmido quanto possível, de preferência terra vegetal, fora das zonas de passagem e serem enterrados a distâncias convenientes de depósitos de substâncias corrosivas que possam infiltrar-se no terreno.

As varetas serão enterradas de modo a que a sua extremidade superior não fique a menos de 0,8 m da superfície do solo.

A resistência de terra deverá ser inferior a 20Ω , já que se utilizam interruptores diferenciais de média e baixa sensibilidade.

Os eléctodos de terra deverão ser montados com distâncias no mínimo de 4m entre si.

A rede de terras acompanhará a instalação eléctrica de utilização, para ligação de todas as massas metálicas dos equipamentos a instalar.

O condutor de terra ou de proteção deverá ter isolamento na cor verde e amarelo, conforme o preceituado no anexo I do capítulo 5º das RTIEBT.

De uma forma geral, a instalação foi projetada de acordo com os padrões atuais, dando principal relevância ao balanço entre a minimização das cargas, maior controlo sobre a instalação e o máximo de comodidade e conforto. Tratando-se de um sistema que não se apoia na rede eléctrica convencional, o projeto foi adaptado para o tipo de sistema produtor a instalar.

Tal como foi referido anteriormente para este projeto apresenta como fonte principal de energia eléctrica um sistema híbrido com armazenamento. A apoiar este sistema em caso de falha ou de excesso de procura, foi projetado um gerador com uma capacidade mínima de 1kVA que se encontra em paralelo com o sistema de produção (ver Anexo IX). Assim a

solução projetada apresenta um sistema primário (sistema híbrido) e um sistema secundário (gerador). Sendo o gerador um sistema secundário, a instalação foi pensada para que, caso o proprietário da habitação seja dono de um VE com capacidade de V2G esta função seja aproveitada para substituir o gerador evitando assim um custo extra ao sistema de produção e tirando o máximo de partido do seu veículo.

6.4. Diagrama de Carga

Uma vez que não há conhecimento prévio exato do perfil de consumo, optou-se por se extrapolar o diagrama com base em dados de uma habitação com uma tipologia semelhante e o conhecimento corrente resultante da utilização comum de uma casa. Para a construção do diagrama de carga foram tidas em consideração os pontos que se estabeleceram anteriormente.

O diagrama de carga não é mais do que a caracterização do consumo da energia consumida no tempo através de uma função. Recorrendo a esta função é possível construir um gráfico de onde é possível extrair alguns parâmetros que permitem perceber melhor o tipo de consumo que esta a ser feito. De seguida apresentam-se alguns dos parâmetros utilizados para a análise dos diagramas:

- Energia (Wh), $W = \int_0^T P(t) dt$ (6.1)²

- Potência média (W), $P_{med} = \frac{W}{T} = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$ (6.2)

- Fator de vazio, $f_0 = \frac{P_{min}}{P_{max}}$ (6.3)

- Fator de carga, $f_c = \frac{P_{med}}{P_{max}}$ (6.4)

- Utilização de Ponta, $h_c = \frac{W}{P_{max}} = \frac{P_{med} T}{P_{max}} = f_c T$ (6.5)

- Fator de Utilização, $f_u = \frac{P_{med}}{P_{inst}}$; (6.6)

- Utilização da Potência Instalada, $h_u = \frac{W}{P_{inst}} = \frac{P_{med} T}{P_{inst}} = f_u T$ (6.7)

De seguida apresenta-se de forma resumida a forma utilizada para a elaboração dos diagramas de carga que servem de base para este trabalho.

Numa primeira abordagem, fez-se uma pesquisa, por espaço de acordo com as características da habitação que foi apresentada, das potências mais comuns numa habitação. Desse

² T representa o período de tempo da amostra e o P(t) a potência em função do tempo

levantamento resultou a Tabela 6.2. Esta tabela serve como ponto de partida para o restante trabalho de desenvolvimento do diagrama.

Tabela 6.2 – Potências mais comuns numa habitação

Espaço	Equipamento	Potência (kW)
Cozinha	Máq. Café	1,2
	Frigorífico	0,3
	Torradeira	0,75
	Forno	2
	Exaustor	0,15
	Micro-ondas	1
	Máq. Lavar Louça	1
	Máq. Lavar Roupa	0,9
	Iluminação	0,15
	Sala Estar/Refeições	Televisão
Box		0,08
Iluminação		0,75
Escritório	Computador	0,25
	Impressora	0,09
	Iluminação	0,1
Casa de Banho	Extrator	0,15
	Iluminação	0,06
Garagem/Corredor	Iluminação	0,1
	VE	3,45
	Portão	0,4
Quarto	Computador	0,25
	Televisão	0,09
	Iluminação	0,06
Casa de Banho	Extrator	0,15
	Iluminação	0,06
	Secador Cabelo	1,5
Atelier	Iluminação	0,15
Casa de Banho	Extrator	0,15
	Iluminação	0,06

Numa segunda fase foi necessário simular um padrão diário de utilização da habitação de acordo com as características de utilização que foram mencionadas no ponto 6.1 do presente documento. Para isso estabeleceu-se um intervalo de tempo de 15 minutos, o que perfaz 96 intervalos no total das 24 horas.

Estabelecido o intervalo de tempo, foram simulados os períodos de utilização para um dia da semana de cada equipamento a cada 15 minutos como se pode ver na Figura 6.2 onde o 1 significa ligado e 0 desligado.

Espaço	Equipamento	Potência (kW)	00:00:00			
			0:00	0:15	0:30	0:45
Cozinha	Máq. Café	1,2	0	0	0	0
	Frigorífico	0,3	1	1	1	1
	Torradeira	0,75	0	0	0	0
	Forno	2	0	0	0	0
	Exaustor	0,15	0	0	0	0
	Micro-ondas	1	0	0	0	0
	Máq. Lavar Loiça	1	1	1	1	1
	Máq. Lavar Roupa	0,9	0	0	0	0
	Iluminação	0,15	0	0	0	0

Figura 6.2 – Simulação da utilização dos equipamentos de cozinha num período de 1 hora

Aplicando o mesmo princípio às restantes horas do dia obteve-se o diagrama de carga para um dia da semana, onde se procurou aproximar a base do diagrama e os picos das horas onde estes são mais comuns. Para que o estudo se aproxima-se o mais possível da realidade o mesmo trabalho foi feito para o fim-de-semana onde a distribuição da procura de energia elétrica é ligeiramente diferente, descentralizando-se os períodos de maior procura.

De seguida na Figura 6.3 e 6.4 apresentam-se os diagramas resultantes da aplicação do algoritmo anteriormente descrito.

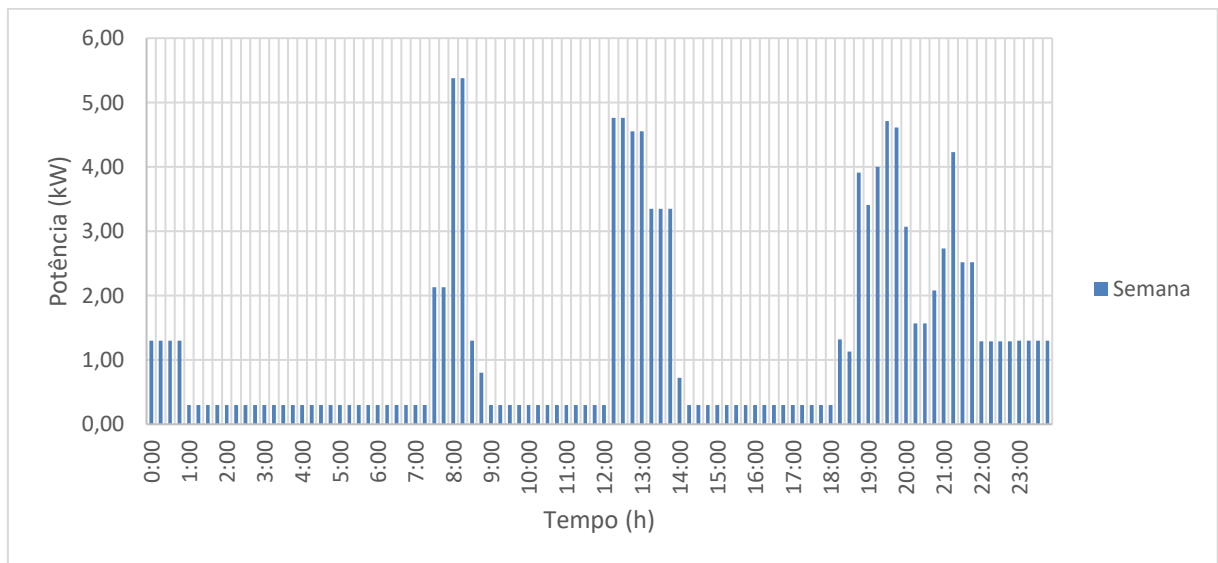


Figura 6.3 – Diagramas diário de segunda a sexta-feira da moradia em estudo

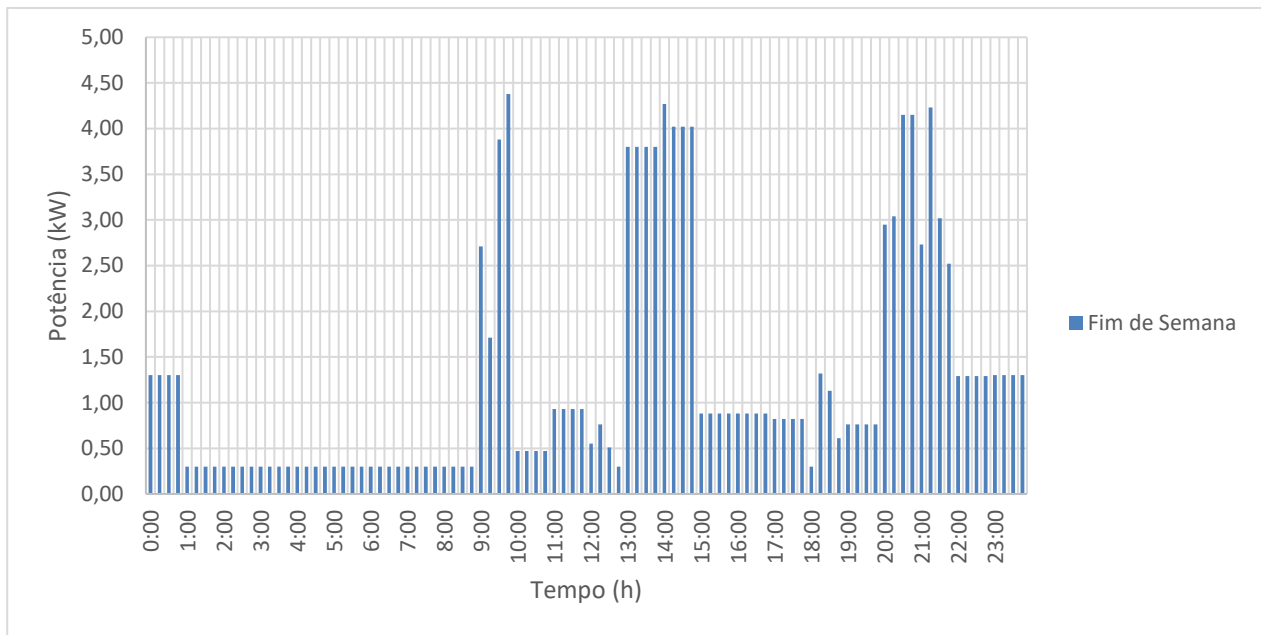


Figura 6.4 – Diagramas diário fim-de-semana da moradia em estudo

Obtidos os diagramas de carga, estes foram submetidos a uma análise onde se pretendeu perceber algumas características dos mesmos. Para isso foram utilizados os parâmetros anteriormente referidos para análise de diagramas de carga. Desse estudo resultou a Tabela 6.3 onde se apresentam os resultados seguidos de uma breve explicação.

Tabela 6.3 – Análise dos diagramas de carga segundo os parâmetros de análise apresentados

	Semana	Fim-de-semana
Potência Instalada (kW)	8,4	8,4
Potência máxima (kW)	5,38	4,38
Energia (kWh)	30,49	30,15
Potência Média (kW)	0,25	0,63

1. Potência Instalada, para este parâmetro considerou-se a soma dos painéis solares a instalar com o sistema de produção eólico. Os sistemas de auxílio não foram considerados;
2. Potência mínima não é mais do que o mínimo de potência que a instalação precisa para um determinado instante, no caso em análise este valor ocorre sobretudo nos períodos noturnos e períodos em que a ocupação da casa é muito reduzida ou mesmo nula;

3. Potência máxima ou Potência de Pico, é a potência que ocorre quando se dá o maior consumo de energia, isto é quando existe o maior número de equipamento ligados em simultâneo. No caso em análise, o valor de potência máxima ocorre no período compreendido entre as 18h30 e as 20h30, correspondendo ao período onde normalmente a ocupação da casa é total e equipamentos como forno e máquinas de lavar estão em consumo.
4. A energia, (6.1), representa o consumo total de energia para um determinado período de tempo, que no caso do gráfico e tabela em análise é de 24h. Este valor permite perceber de uma forma global se o valor diário a ser consumido está dentro do que seria expectável para uma situação deste género.
5. Potência média, (6.2), trata-se de um indicador importante uma vez que tal como o indicador anterior permite perceber o que está a ser consumido, com a diferença que neste o fator tempo deixa de existir.

6.5. Rede Autónoma

Uma rede autónoma ou rede *off-grid* é uma rede com algumas características especiais. Primeiro, a produção de energia é feita localmente, recorrendo unicamente aos elementos e recursos disponíveis no local da implantação do sistema a alimentar. Este tipo de rede não permite a interligação com a RESP, daí ser também considerada uma rede isolada.

No caso em estudo, será este o tipo de rede a ser aplicada, onde teremos como fontes de energia primárias painéis fotovoltaicos e um aerogerador. Estes dois equipamentos estarão ligados a um controlador de carga único que por sua vez está ligado ao grupo de baterias a instalar. A alimentação da instalação será feita a partir das baterias, sendo para isso necessário recorrer a um inversor, convertendo a tensão CC em CA com características muito semelhantes às da RESP, uma vez que toda a instalação foi projetada de forma convencional.

Para além das duas fontes de energia primárias e para garantir que, em caso de alguma falha, pelo menos os sistemas prioritários se encontram alimentados, prevê-se também a instalação de um gerador de emergência.

Todos estes sistemas foram dimensionados de forma a poderem trabalhar em sincronismo, isto é, todos os equipamentos poderam trabalhar ao mesmo tempo. Em seguida apresentam-se os resultados obtidos bem como breves explicações sobre as escolhas feitas.

6.5.1. Dimensionamento do Sistema Fotovoltaico e Eólico

Para o dimensionamento destes dois sistemas (fotovoltaico e eólico) recorreu-se à folha de cálculo SCE.ER fornecida pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), respeitando assim o despacho nº 3156/2016 de 1 de março onde se prevê que o cálculo deste tipo de sistema deve ser feito com o recurso a esta ferramenta.

Primeiramente, foi inserido na folha de cálculo uma versão o mais próxima possível do diagrama de carga apresentado anteriormente, servindo este para o cálculo dos dois sistemas e dos resultados obtidos.

Começando pelo sistema fotovoltaico, este foi dimensionado para retirar o maior proveito do mesmo. Sendo assim, optou-se por uma instalação permanentemente orientada para o sol, sendo utilizado para este feito um seguidor solar. Esta decisão, apesar de encarecer a solução final do projeto, permite aumentar a rentabilidade do sistema maximizando o tempo de exposição solar do sistema e diminuir o número de painéis como se pode observar na Tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Comparação da produção em kWh de sistema fotovoltaico composto por 24 painéis com e sem seguidor solar ao longo de um ano

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Sem seguidor	568	707	1007	1007	1139	1227	1244	1232	1045	813	639	447
Com Seguidor	679	863	1273	1306	1591	1863	1892	1768	1375	996	781	511

Uma vez que a folha não permite a simulação de uma rede totalmente isolada da rede e este sistema vai ser auxiliado pelo sistema eólico previu-se a instalação de 24 módulos da *LG NeON Black* que apresenta um potência de pico de 300kWp (caraterísticas no Anexo XI) com uma potência nominal de 7,2kW (24 módulos x 300 kWp) ocupando uma área de aproximadamente 40 m², garantindo assim que não existe um sobredimensionamento do sistema. Apesar de se ter especificado este modelo, qualquer painel com caraterísticas semelhantes ou até mesmo com maior potência de pico pode ser usado. Deve-se salvaguardar que uma vez que se está a usar um sistema com seguidor, os painéis têm de possuir dimensões que sejam comportáveis pelo sistema a instalar. Os 24 módulos serão divididos em 2 *strings*

compostas respetivamente por 12 painéis cada. Para este cálculo teve-se em consideração as perdas de eficiência dos painéis, bem como as perdas por falta de limpeza. A juntar a estas perdas, foi tido ainda em linha de conta as perdas nas ligações e transporte da energia (ver Anexo XII). Foi ainda considerado que o bloco inversor/controlador é perfeito, isto é, o módulo encontra-se sempre no ponto de funcionamento de máxima potência.



Figura 6.5 - Painel Fotovoltaico LG NeON Black (LG,2018).

Utilizando estes 24 painéis em conjunto com o seguidor solar, obtemos os seguintes valores:

Tabela 6.5 – Produção do Sistema Fotovoltaico com 24 painéis e seguidor solar

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Produção (kWh)	679	863	1273	1306	1591	1863	1892	1768	1375	996	781	511

Como seria de esperar, os piores meses de produção coincidem com o pico típico de inverno, onde a exposição solar é menor e as condições atmosféricas são adversas para a produção de energia recorrendo a este sistema. Este pico situa-se entre novembro e janeiro, será neste período que o recurso ao gerador pode ser mais frequente. Durante o restante do ano, a produção é praticamente uniforme situando-se na maioria dos meses acima dos 1300kW, verificando-se um aumento de produção nos meses de Verão (junho, julho e agosto).

Tal como o dimensionamento do sistema fotovoltaico, para o dimensionamento do sistema eólico recorreu-se a folha de cálculo SCE.ER da DGEG.

O local escolhido para a implantação do sistema não se encontra monitorizado pelo que, para feitos de cálculo, considerou-se um tempo equivalente de funcionamento à potência nominal (NEPs) de 750 horas, sendo este o valor máximo a poder ser considerado segundo o guia de utilização da folha de cálculo.

Com base nestes princípios, selecionou-se a turbina SkyStream 3.7 com uma potência nominal de 2,4 kW, obtendo-se uma produção anual de 1800 kWh. Esta turbina (ver Figura 6.6) apresenta características (ver Anexo XIII) que permitem a sua instalação em meio urbano ou mesmo rural como é o caso da situação em análise.



Figura 6.6 - Aerogerador Skystream 3.7 (Susitna, 2011).

Contudo, este valor anual não permite perceber se este sistema, em conjunto com o sistema fotovoltaico são capazes de suprir as necessidades da instalação. Assim, para se obter uma aproximação da produção mensal do sistema, recorreu-se a uma distribuição da produção total por cada um dos meses, por analogia com a produção segundo os dados recolhidos no parque eólico de Prados no ano de 2016 (parque que se encontra a cerca de 75 km de distância da habitação), operado pela Generg. Desta distribuição resulta a Tabela 6.6 e 6.7:

Tabela 6.6 – Extrapolação de produção do sistema eólico

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.
Energia Mensal Prados (MWh)	14322	14660	11375	9049	9040	7276
Energia Mensal Prados (%)	13,20	13,51	10,48	8,34	8,33	6,70
Energia Mensal Moradia (kWh)	237,55	243,14	188,67	150,08	149,93	120,68

Tabela 6.7 - Extrapolação de produção do sistema eólico (cont.)

	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Energia Mensal Prados (MWh)	5523	5417	5720	6335	10993	8816	108525
Energia Mensal Prados (%)	5,09	4,99	5,27	5,84	10,13	8,12	100
Energia Mensal Moradia (kWh)	91,60	89,85	94,87	105,07	182,33	146,22	1800

Fazendo uma breve análise aos dados obtidos da criação da Tabela 6.6 e 6.7 percebe-se que a produção eólica é maior nos meses de inverno, que tipicamente são meses mais ventosos, do que nos meses de verão.

Tabela 6.8 – Comparação entre a produção do sistema eólico e o sistema de painéis solares fotovoltaicos

	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Eólica (kWh)	237,55	243,14	188,67	150,08	149,93	120,68	91,60	89,85	94,87	105,07	182,33	146,22
Painéis (kWh)	679	863	1273	1306	1591	1863	1892	1768	1375	996	781	511

Comparando a produção dos dois sistemas (ver Tabela 6.8), destaca-se a maior produção por parte do sistema solar fotovoltaico. Este facto deve-se, sobretudo a dois fatores:

1. O sistema foi projetado para assentar na produção fotovoltaica, tendo como apoio o sistema eólico. Sendo que a maior produção eólica coincide com a menor produção fotovoltaica, equilibrando a produção de energia elétrica;
2. As condições climáticas fazem-se sentir de forma mais relevante no sistema eólico, uma vez que este necessita que a velocidade do vento seja no mínimo de 3,5 m/s. Já no caso do sistema fotovoltaico, apesar de também ser afetado pelas condições climáticas, o mínimo de radiação solar, torna possível alguma produção de energia elétrica.

De notar que os valores apresentados para ambos os sistemas são apenas indicativos uma vez que os mesmos são afetados por diversas variáveis que não podem ser controladas.

Na Figura 6.7 apresenta-se o gráfico de previsão de produção de energia com recurso aos sistemas dimensionados. Ressalva-se o facto de os dados apresentados não entrarem em linha de conta com o sistema de armazenamento, bem como o sistema de emergência (gerador ou VE).

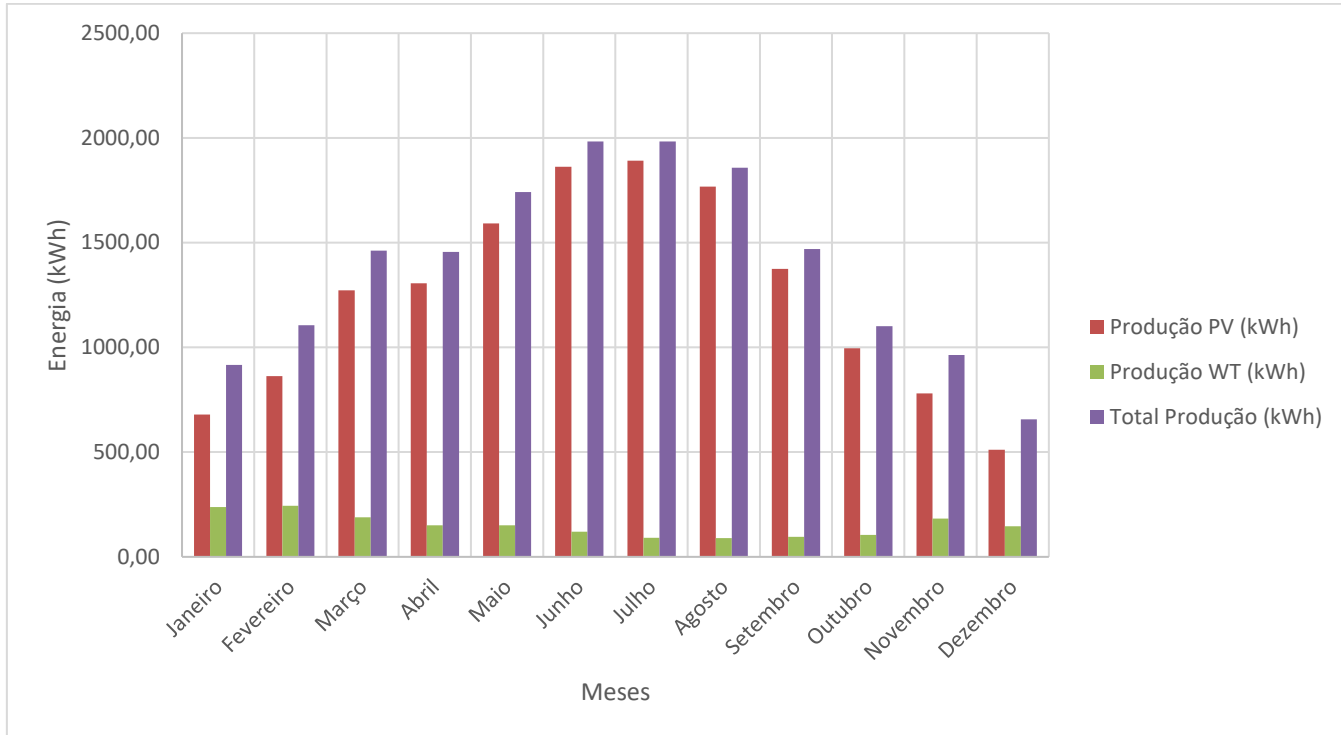


Figura 6.7 – Previsão de energia por fonte e total de produção

Da análise do gráfico destacam-se os seguintes pontos:

- A uma escala diferente, a produção dos sistemas é quase inversa. Nos meses de maior produção do sistema fotovoltaico, encontramos os meses de menor produção do sistema eólico, sendo o contrário também verdade.
- Sendo a produção diretamente afetada pelo sistema fotovoltaico, verificamos que mesmo com a combinação dos sistemas nos meses onde o fotovoltaico baixa a sua produção, a produção combinada também diminui não sendo a produção eólica suficiente para equilibrar os valores.

Combinando na Figura 6.8 o valor das previsões de produção total da Figura 6.7 com a das necessidades mensais da habitação, conseguimos perceber se os sistemas são ou não capazes de suprimir as necessidades de energia elétrica.

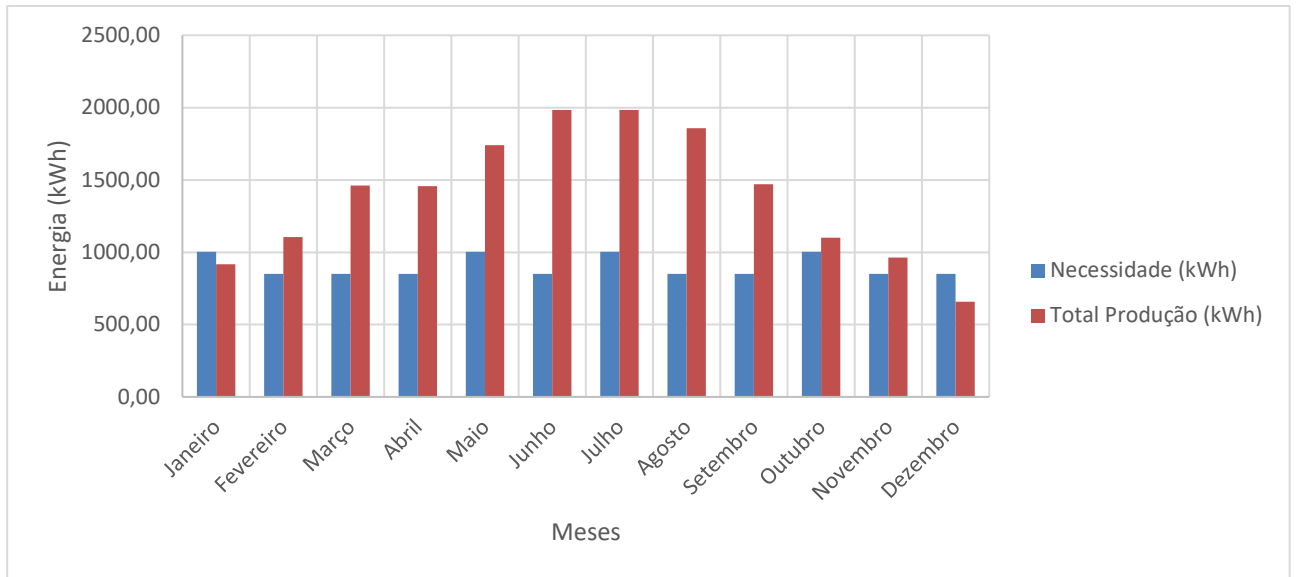


Figura 6.8 – Necessidades de energia VS Produção de Energia

Da análise do gráfico (Figura 6.8), retiram-se as seguintes conclusões:

1. O sistema produtor é capaz de assegurar a alimentação da instalação durante 10 meses do ano.
2. Nos meses de Janeiro e Dezembro o sistema não consegue suprimir as necessidades energéticas do sistema, contudo existindo sistema de emergência e sendo a diferença entre a necessidade e produção pequena cerca de 200kWh no mês de Dezembro (mês onde esta diferença é mais significativa), desconsidera-se este facto, assumindo que o sistema nesta configuração dá resposta ao solicitado sem tornar a instalação demasiado cara.
3. Verifica-se que nos meses de Março a Setembro (7 meses), a capacidade de produção excede a procura em cerca de 750kW.

6.5.2. Dimensionamento das baterias

Para o sistema de armazenamento, optou-se pela solução de dotar a habitação com baterias, seguindo-se os parâmetros apresentados anteriormente como linha condutora na escolha do equipamento.

Para se perceber qual a capacidade mínima da bateria a instalar, recorreu-se a potência média obtida na Tabela 6.3, para a situação de semana (pior caso), aplicada a metade do dia (12 horas), desconsiderando assim o período noturno.

$$\text{Capacidade}_{min.}(kWh) = \text{Potência média (kW)} * 12 \text{ horas} \quad (6.8)$$

Da aplicação de 6.8 resulta que a capacidade mínima a instalar é de 15kWh.

Assim para o tipo de sistema a ser instalado uma bateria de íões de lítio com capacidade útil de no mínimo 15kWh consegue garantir a alimentação correta da instalação. Sendo que para que exista uma reserva que permita o carregamento do VE, durante o período de maior demanda da instalação e garantir alguma carga adicional que não esta prevista, recomenda-se que a capacidade instalada seja superior em pelo menos 20% (garantindo assim mais 3kWh de armazenamento). Esta bateria deve ser equipada com sistema de arrefecimento e permitir a sua construção com recurso a módulos, como por exemplo a bateria *Powerwall* da Tesla.

6.5.3. Dimensionamento Reguladores e Conversores de Potência

Para o sistema anteriormente dimensionado, previu-se um regulador de carga único, ou seja, um regulador com capacidade de gerir o sistema fotovoltaico e o sistema eólico. Será um regulador do tipo MPPT (Figura 6.9) por forma a garantir que o sistema opere sempre perto ou mesmo no ponto de potência máxima. Deve ter ainda uma capacidade para suportar correntes até 40A, mantendo a sua operabilidade. Este sistema foi dimensionado com base na corrente máxima admissível a entrada do Quadro Geral de Entrada que se estabeleceu nos 40A.

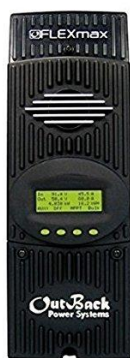


Figura 6.9 - Exemplo de um regulador híbrido (FLEXmax, 2018).

Para além deste sistema de regulação, é necessário prever um sistema de conversão. Até este ponto todo o sistema dimensionado encontra-se em CC, mas para que possa alimentar uma instalação típica é necessário que a saída seja feita em AC a frequência de 50 Hz. Assim é necessário dimensionar um conversor para que em conjunto com a bateria possam alimentar o sistema.

Neste caso irá tratar-se de um inversor de onda pura para aplicação *off-grid* 230V, onde ter de ser capaz de dar resposta na altura de maior procura.

O critério de dimensionamento aplicado para a determinação da capacidade de armazenamento a instalar também é aplicável ao dimensionamento do sistema inversor, uma vez que este tem de dar resposta ao solicitado pela instalação, mas nunca consegue converter mais energia do que aquela que se encontrar armazenada.

Assim propõem-se para o sistema um inversor da SMA com uma capacidade nunca inferior aos 5kWh.



Figura 6.10 - Exemplo de inversor (SMA, 2018).

7. Viabilidade do Sistema Proposto

7.1. Enquadramento

Tratando-se de um investimento, a verificação da viabilidade técnica e económica é um ponto fundamental para garantir que ao investir estará a fazê-lo num sistema que cumpra o exigido. Até este ponto validou-se a solução apresentada do ponto de vista puramente técnico.

Neste capítulo, será apresentada a avaliação de custos de dois cenários, com a finalidade de tornar a decisão do investidor a mais informada possível.

7.2. Análise Económica

Com vista a facilitar o entendimento do investimento, como bom ou mau, criaram-se indicadores tais como o Valor Atual Líquido (VAL), a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) e o Período de Retorno do Investimento (PRI).

Para esta análise foi considerado unicamente o sistema de produção de energia. Tratando-se de uma moradia, o restante investimento na instalação terá de ser sempre realizado independentemente do sistema que fornecerá a energia.

- **Valor Atual Líquido:**

O VAL pretende ser um indicador que permite avaliar a viabilidade de um projeto de investimento através do cálculo do valor atual de todos os *cash-flows*. Por valor atual, entende-se o valor de hoje de um determinado montante a obter no futuro. O VAL pode tomar três formas:

- Inferior a zero – projeto não é viável e deve ser rejeitado, ou reajustar-se o número de anos de investimento permitindo que o *cash-flow* cubra o investimento;
- Igual a zero – projeto do ponto de vista económico é viável, mas apresenta risco de ser tornar inviável;
- Superior a zero – projeto viável e deve ser aceite. *Cash-flows* gerados cobrem o investimento inicial e ainda geram excedente financeiro.

O VAL é determinado pela aplicação de 5.1,

$$VAL = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+Ta)^i} - I \quad (5.1)$$

onde:

VAL - Valor atual líquido (€).

CFi - Cash flow ano *i* (€).

n - número de anos a contabilizar (un).

Ta - Taxa de atualização (%).

I - Investimento inicial (€).

Para efeitos do estudo, considerou-se a taxa de atualização com um valor de 5 %. Na prática este valor deve ser apurado tendo em conta o custo com juros, caso o capital investido não seja próprio, e o risco inerente ao próprio investimento.

- **Taxa Interna de Rentabilidade.**

A taxa interna de rentabilidade é uma taxa de desconto hipotética que, quando aplicada a um *cash flow*, faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente.

A determinação da taxa interna de rentabilidade é obtida através da aplicação da expressão 5.2.

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{CFi}{(1+TIR)^i} - I \quad (5.2)$$

em que:

TIR – Taxa interna de rentabilidade (%).

CFi - *Cash flow* exploração ano *i* (€).

n - Número de anos a contabilizar (un).

I - Investimento inicial (€).

- **Período de Retorno do Investimento.**

O período de retorno do investimento, consiste na quantificação de tempo, ou seja, o tempo que têm de passar para que o investidor veja o seu investimento a dar lucro ou que já se tenha pago a ele mesmo através dos *cash flows* do projeto. O cálculo do PIR traduz-se na expressão 5.3.

$$PRI = \frac{I}{\frac{\sum_{k=1}^n \left(\frac{ck}{(1+TA)^k} \right)}{n}} \quad (5.3)$$

em que:

PRI - Período de retorno de investimento (anos).

I - Investimento inicial (€).

k - Anos seguintes (un).

TA - Taxa de Atualização (%).

ck - Cash flow do ano k (€).

Na tabela 7.1, apresenta-se o resultado da aplicação dos indicadores acima descritos ao projeto em análise. O valor apresentado como investimento (21 422,99€) resulta da consideração feita para dois cenários, para os quais se apresentam dois orçamentos.

No orçamento 1 (ver Anexo XIV) foi considerado o custo de toda a instalação incluindo a ligação à RESP. Nesta ligação a RESP, considerou-se ainda que as infraestruturas necessárias para ligação não seriam encargos do proprietário, sendo o interesse da rede eletrificar aquele local. Casos este encargos sejam atribuídos ao proprietário o orçamento pode ter um acréscimo que pode chegar aos 10000€.

Já o orçamento 2 (ver Anexo XV) foi idealizado, sem a ligação à RESP mas mantendo o custo de toda a restante instalação. Foram considerados todos os equipamentos descritos no capítulo anterior para o bom funcionamento do sistema de alimentação híbrido e autónomo.

Para que o estudo se aproxime o mais possível da realidade foi ainda calculado o valor anual dos custos de energia elétrica caso a instalação estivesse ligada a rede. Para isso recorreu-se à fórmula apresentada em 5.4 onde se desconsidera todas as taxas aplicadas na fatura de energia elétrica (taxa de audiovisual, etc.).

$$\text{Custo Anual}(\text{€}) = \text{Consumo Anual}(\text{kWh}) * \text{Custo da energia}(\text{€/kWh}) \quad (5.4)$$

Aplicando a fórmula anterior ao consumo obtido no diagrama de carga (10821,15kWh) e assumindo um custo de energia de cerca de 0,16€/kWh obtemos um custo anual com a compra de eletricidade de 1781,16€. Este valor, em conjunto com o valor apresentado para o investimento são os valores que foram utilizados para os cálculos dos indicadores.

Tabela 7.1 – Análise Económica dos indicadores

Valor atual Líquido (VAL)	3 101
Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)	1%
Período de Retorno do Investimento (PIR)	20

Na Tabela 7.1 apresenta-se o quadro resumo com os resultados obtidos para os indicadores anteriormente explicados. A tabela completa pode ser consultada no Anexo XVI.

Este projeto apresenta um VAL positivo, tratando-se assim de um projeto viável. Contudo é de salientar que este projeto só ganha esta viabilidade apresentando uma duração nunca inferior a 20 anos.

Apesar do tempo apresentado para o projeto parecer excessivamente longo, há que ter em conta que se trata de um sistema complexo que permite eliminar uma despesa mensal fixa e contribuir para a diminuição da poluição. Para além destes pontos, é necessário considerar um tempo de vida útil para os painéis fotovoltaicos nunca inferior a 25 anos e para a eólica na mesma ordem de grandeza (é de salvaguardar que estes valores de referência só são possíveis caso sejam cumpridos os requisitos de manutenção dos fabricantes).

Quando comparado o cenário da ligação à RESP, com a produção autónoma em estudo, percebe-se que a solução apresentada (sistema híbrido) é competitiva, respeitando todas as necessidades elétricas da habitação. Da mesma maneira, do ponto de vista técnico a solução apresentada no orçamento 2 é mais vantajosa e aliciante, uma vez que explora novas formas de descentralizar a produção de energia elétrica e procura aumentar a eficiência energética da mesma. Contudo, esta solução apresenta um custo bastante mais elevado do que a ligação à RESP.

Assim, do ponto de vista da viabilidade do sistema, trata-se de um projeto viável e com capacidade de retorno para o investidor.

8. Conclusões e Trabalhos Futuros

O relatório apresentado representa o resultado final resultante do desenvolvimento do projeto, onde se implementou um sistema de produção de energia local e com capacidade de suprir as necessidades da habitação que incluem o carregamento de um veículo elétrico.

Numa fase mais inicial, foi importante perceber em que ponto se encontrava Portugal em relação aos outros países da UE em relação ao aproveitamento das FER e qual a perspetiva de investimento futuro. Chegou-se a conclusão que Portugal teve um período onde apostou de uma forma muito afincada nas FER, mas no passado mais recente (início da crise de 2008) houve um desinvestimento pondo mesmo em causa a possibilidade de cumprir o que esta estabelecido no pacote de medidas acordado com UE.

Com o desenvolver da pesquisa e dos trabalhos inerentes ao desenvolvimento do projeto, fez-se um aprofundar de conhecimentos teóricos, com vista a facilitar a compreensão e perceber quais as melhores soluções a adotar. A par deste conhecimento mais técnico, explorou-se ainda a parte de legislação que era aplicável ao caso, bem como os atuais incentivos à utilização de sistemas que têm como base as energias renováveis.

Com este relatório ficou demonstrado tanto a potencialidade, como a capacidade de um sistema, que não depende de combustíveis fósseis, conseguir produzir, armazenar e fornecer a energia necessária para a utilização corrente de uma moradia. Este tipo de sistema permite a descentralização dos sistemas produtores, aproximando a fonte de produção do consumir.

Este tipo de instalação tem um forte impacto a nível ambiental, provocando uma diminuição do consumo de energia primária, que conseqüentemente leva à diminuição de emissões de gases de efeito estufa, o que resulta na redução da pegada ecológica.

Apesar de existirem incentivos à aplicação de sistemas de produção com recurso às FER, atualmente, o acesso aos mesmos está mais dificultado, o que torna o investimento inicial uma despesa considerável.

A viabilidade económica de implementação de sistemas como o apresentado têm variáveis que com o decorrer do tempo podem ser mudadas, como por exemplo a manutenção dos equipamentos.

Como em qualquer investimento, será sempre necessário o proprietário do sistema realizar uma pesquisa e perceber que tipo de sistemas à data do investimento estão a ser utilizados, procurando assim que a solução seja o mais eficaz possível mas com o menor custo.

Numa perspetiva de trabalhos futuros, seria interessante, mesmo que a uma escala reduzida, a implantação do sistema apresentado para comparação e validação dos resultados obtidos.

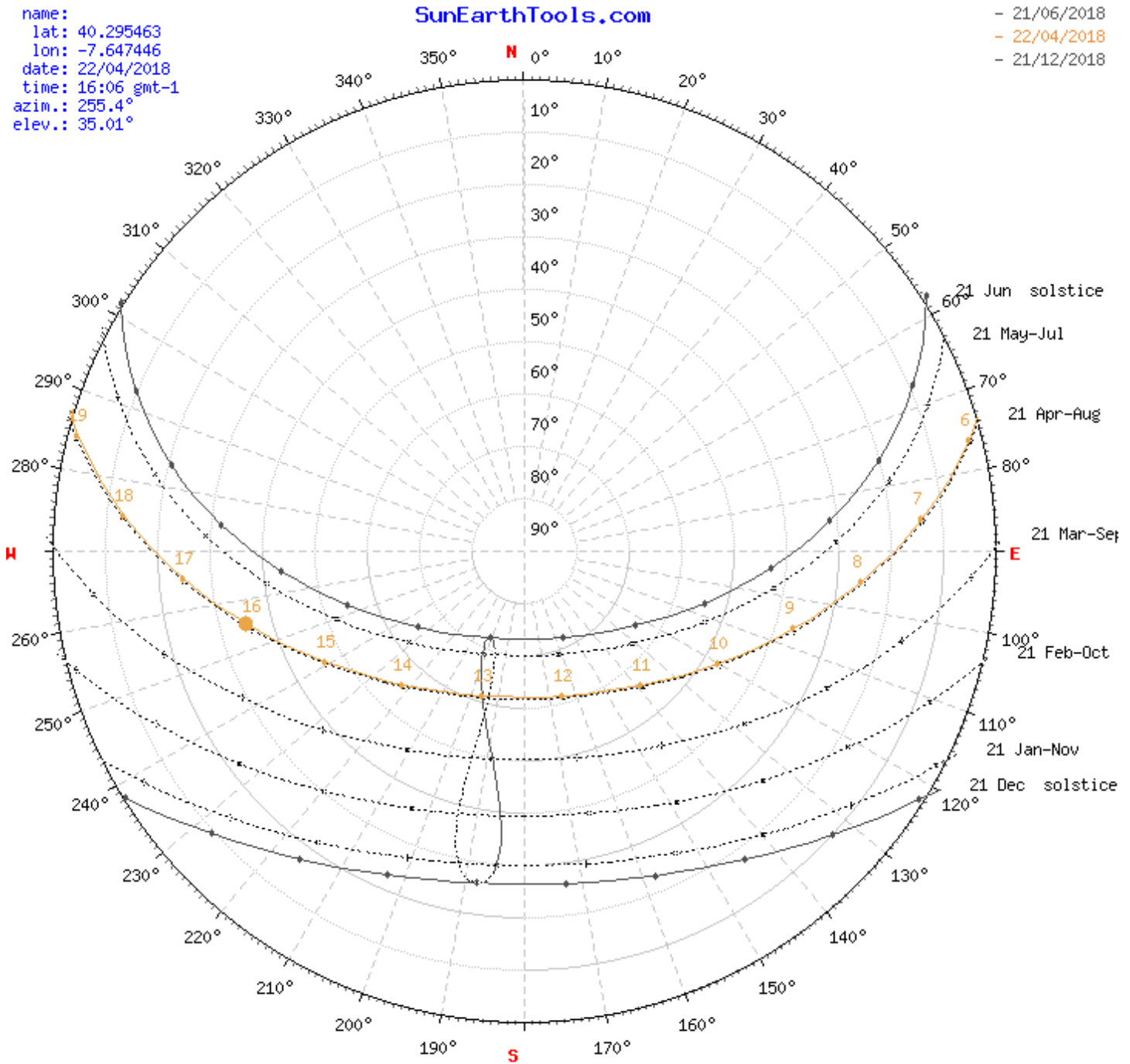
Pretende-se ainda que o estudo seja aplicado em escala, ou seja, não limitar o sistema a uma única moradia, possa alimentar por exemplo um loteamento. Nesta adaptação da solução anteriormente descrita, é necessário ter em conta a nova necessidade de produção de energia, bem como a legislação aplicável, que seguramente será diferente.

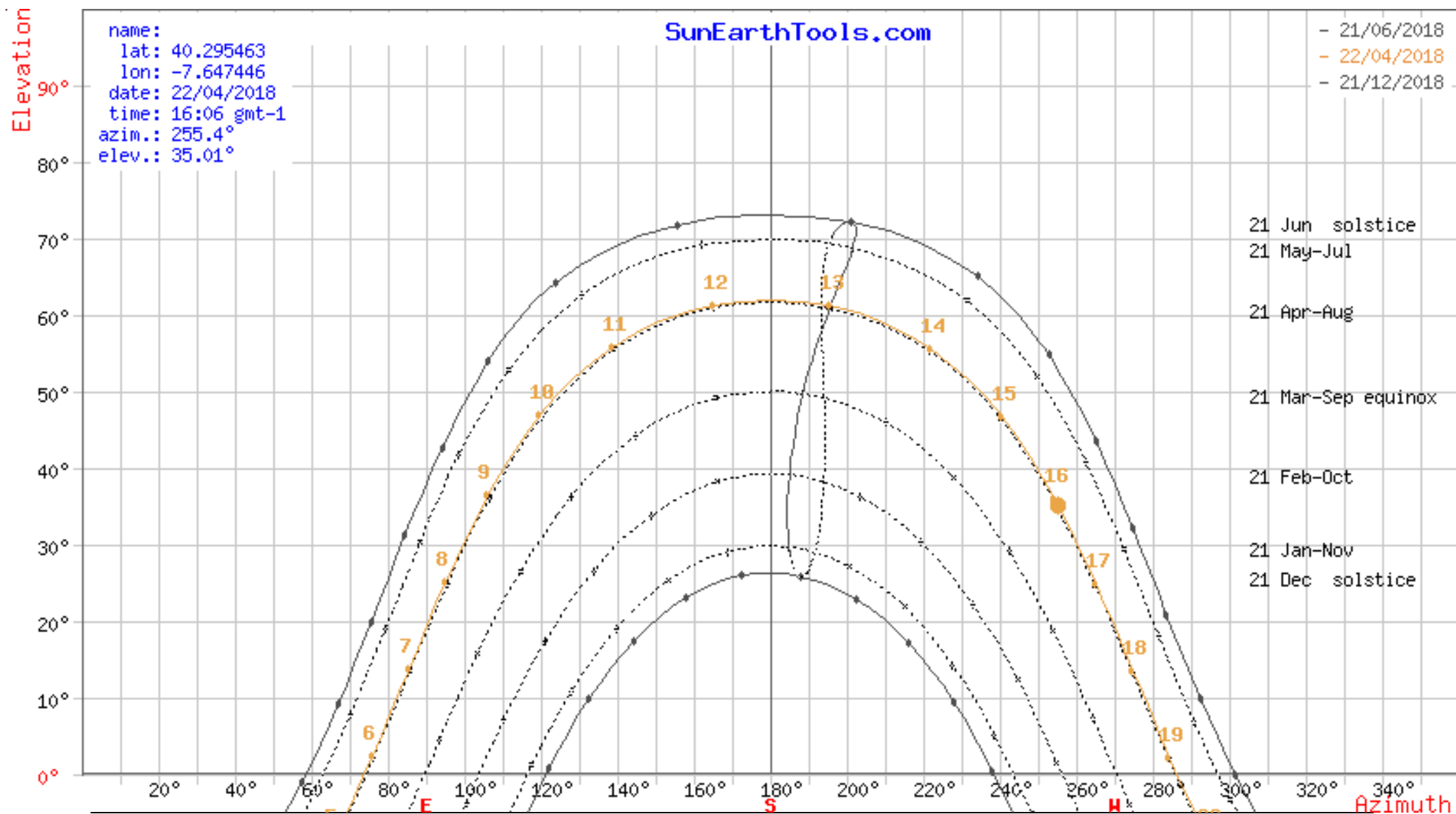
Bibliografia

- Aerogeradores.org (2011). : <http://www.aerogeradores.org/>
- Battery University (2017a) http://batteryuniversity.com/learn/article/secondary_batteries
 Battery University (2017b)
http://batteryuniversity.com/learn/article/experimental_rechargeable_batteries
 Battery University (2017c).
http://batteryuniversity.com/learn/article/experimental_rechargeable_batteries
 Battery University (2017d).
http://batteryuniversity.com/learn/article/the_octagon_battery_what_makes_a_battery_a_battery
- DGEG (2010), *Montar Solar* (2010). Direção Geral de Energia e Geologia.
- DGEG (2016).
<http://www.dgeg.gov.pt/pagina.aspx?back=1&codigono=77387764AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA>.
 Direção Geral de Energia e Geologia.
- DGEG (2017). <http://www.dgeg.gov.pt/> (Energia / Ambiente / Desenvolvimento Sustentável). Direção Geral de Energia e Geologia.
- Energia Solar (2016), <https://pt.solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/tipos-celulas-fotovoltaicas>.
- FFSolar (2018a). <http://www.ffiolar.com/index.php?lang=PT&page=pequena-producao>. FF Solar
- FFSolar (2018b). <http://www.ffiolar.com/index.php?lang=PT&page=autoconsumo>. FF Solar
- FFSolar (2018c). <http://www.ffiolar.com/index.php?lang=PT&page=sistema-autonomos>. FF Solar
- INEGI e APREN (2017). Parques Eólicos em Portugal. Versão b.
- International Energy Agency (2016.) *Key World Energy Statistics*. (2016).
- LabSolar (2011). <http://www.ufjf.br/labsolar/>. Laboratório Solar
- LNEG (2015). *Edifício SOLAR XXI – Um edifício energeticamente eficiente em Portugal* (2015). Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação,
- Nissan (2018). <https://www.nissan.co.uk/experience-nissan/electric-vehicle-leadership/xstorage-by-nissan.html>
- Portal Energias Renováveis (2018), <http://www.portal-energia.com/> .
- República Portuguesa (2006), Portaria nº 949-A/2006, Diário da República.
- Tesla (2018). : <http://www.tesla.com/>.
- Trovão, J. (2012)- *Optimização e Gestão de Múltiplas Fontes de Energia em Veículos Elétricos*, Tese de Doutoramento, Departamento de Engenharia Eletrotécnica da Universidade de Coimbra.

“

Anexo I – Exposição solar da Moradia





coordenar:	40.295463, -7.647446	
local:	R. do Bairro da Corte de Soito, 6270, Portugal	
Hora	Elevacao	Azimute
05:42:23	-0.833°	73.19°
6:00:00	2.4°	76.02°
7:00:00	13.69°	85.48°
8:00:00	25.13°	95.23°
9:00:00	36.37°	106.22°
10:00:00	46.91°	119.94°
11:00:00	55.79°	138.76°
12:00:00	61.26°	165.07°
13:00:00	61.18°	195.8°
14:00:00	55.61°	221.92°
15:00:00	46.67°	240.59°
16:00:00	36.12°	254.22°
17:00:00	24.88°	265.17°
18:00:00	13.46°	274.92°
19:00:00	2.2°	284.4°
19:16:33	-0.833°	287.07°

Anexo II – Legenda Desenhos

LEGENDA

	- QUADRO ELÉCTRICO		- INDICAÇÃO DE SUBIDA / DESCIDA
	- INTERRUPTOR SIMPLES		- DETECTOR DE MOVIMENTO (M) / PRESENÇA (P) DE PAREDE
	- COMUTADOR DE LUSTRE		- DETECTOR DE MOVIMENTO (M) / PRESENÇA (P) DE TECTO
	- COMUTADOR DE ESCADA		- CAIXA DE DERIVAÇÃO
	- COMUTADOR DE ESCADA DUPLO		- APLIQUE DE PAREDE
	- PONTO DE LUZ NO TECTO		- PONTO DE LUZ NA PAREDE
	- TOMADA MONOFÁSICA		- CAIXA DE PAVIMENTO
	- CAIXA DE FIM DE CABO		
	- CANALIZAÇÕES EMBEBIDAS OCULTAS		
	- CABOS ASSENTES EM CAMINHO DE CABOS		
	- CANALIZAÇÕES ENTERRADAS EM VALA		
	- CABO ENFIADO EM TUBO FIXO COM ABRAÇADEIRAS		
	- CABO ENFIADO EM CALHA TÉCNICA		
<p>A LOCALIZAÇÃO EXACTA DE TODOS OS EQUIPAMENTOS, TAMPAS E OUTROS ORGÃOS DAS INSTALAÇÕES, SEMPRE QUE SEJAM VISÍVEIS, DEVEM TER EM CONSIDERAÇÃO CRITÉRIOS DE IMPLANTAÇÃO E ALINHAMENTO RIGOROSOS, DE ACORDO COM OS ELEMENTOS DE PROJECTOS, DEVENDO OS MESMOS SER CONFIRMADOS ANTES DA SUA EXECUÇÃO, COM A EQUIPA PROJECTISTA, TENDO COMO BASE OS DESENHOS DE PREPARAÇÃO A ELABORAR PELO EMPREITEIRO</p>			
<p>VER ESPECIFICAÇÕES DOS CIRCUITOS NOS ESQUEMAS UNIFILARES DOS QUADROS ELÉCTRICOS RESPECTIVOS</p>			

Requerente : -

Projecto : Instalações Elétricas

Especialidade : Elétrica

Série :

Escala : S/ESC

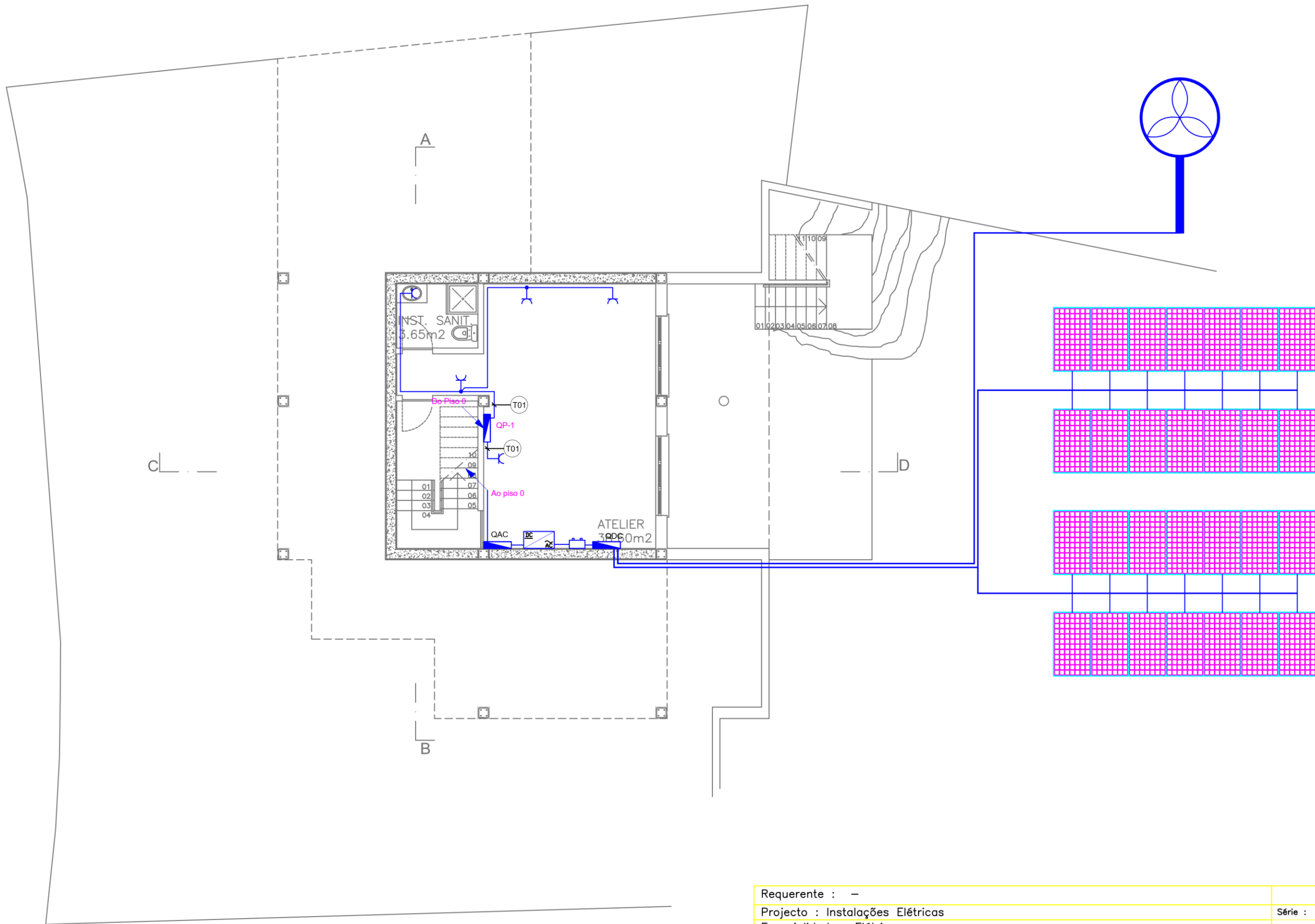
02 : Janeiro 2018

Desenho :

Diogo Rodrigues

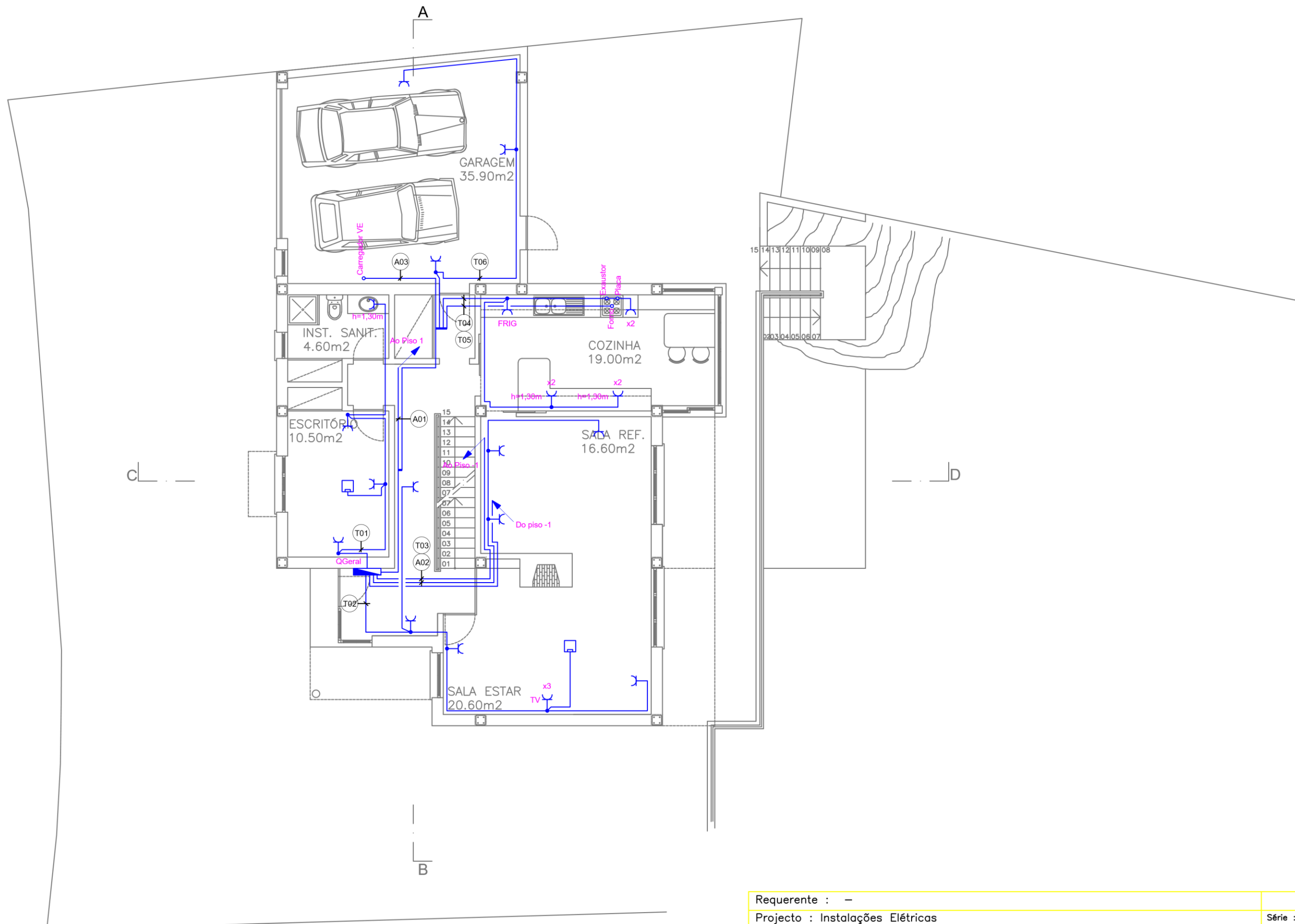
Desenho : **Legenda**

Anexo III – Interligação de Quadros e Terminais de Tomadas - Piso -1



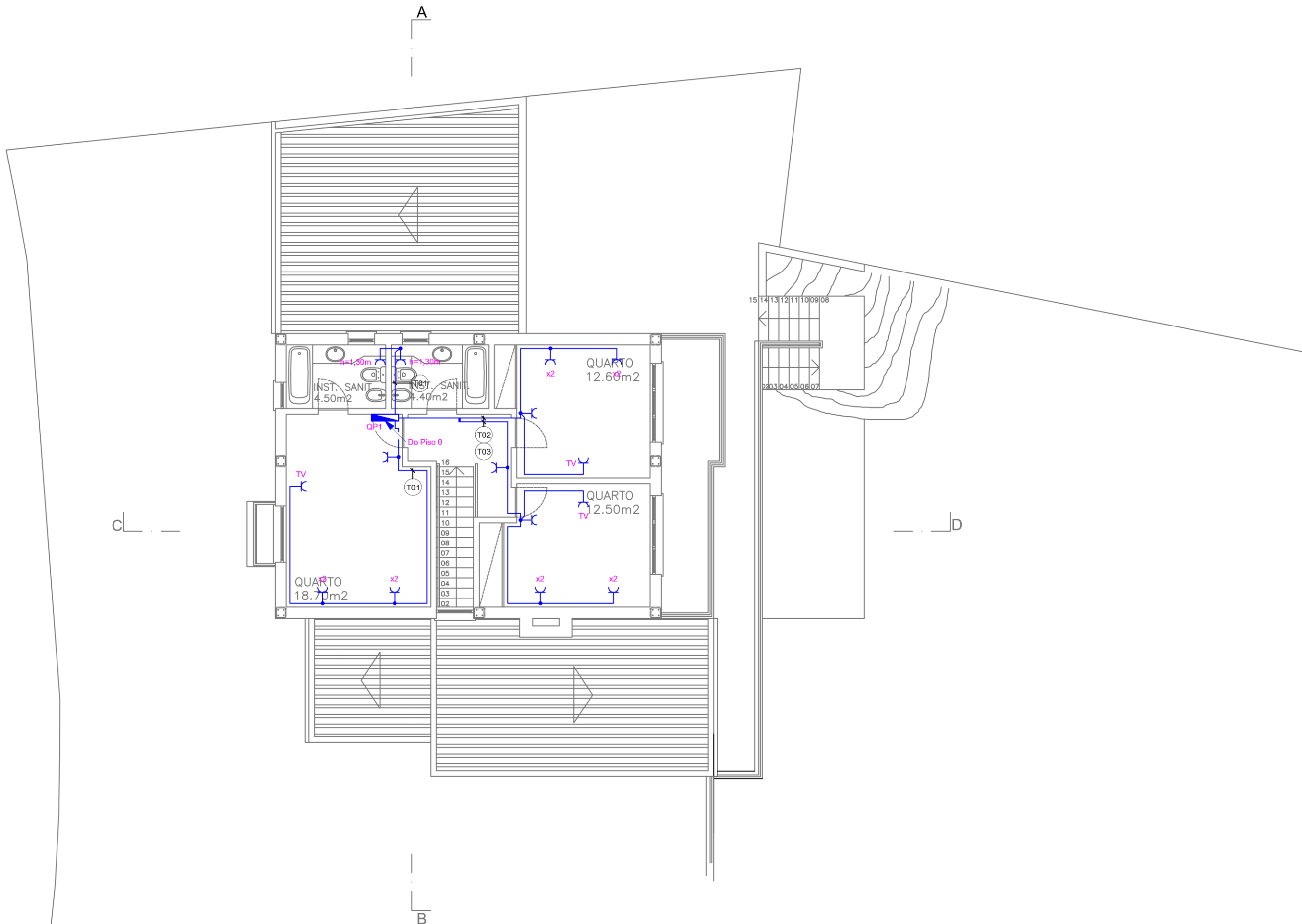
Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Eléctricas	Escala : 1/100
Especialidade : Eléctrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Interligação de Quadros e Terminais Tomadas PLANTA DO PISO -1	Desenho : 1

Anexo IV - Interligação de Quadros e Terminais de Tomadas - Piso 0



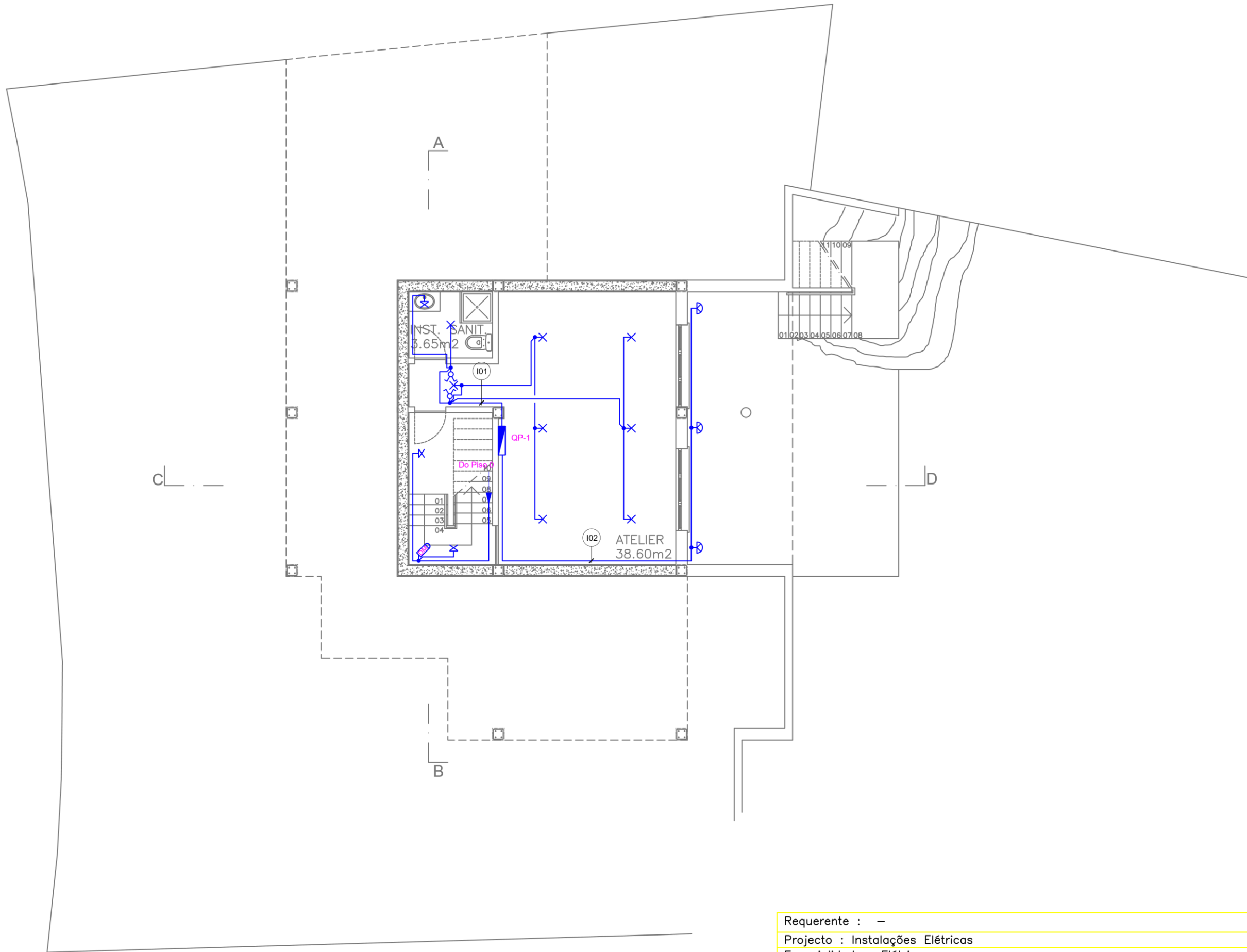
Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Eléctricas	Escala : 1/100
Especialidade : Eléctrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Interligação de Quadros e Terminais Tomadas PLANTA DO PISO 0	Desenho : 2

Anexo V - Interligação de Quadros e Terminais de Tomadas - Piso 1



Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Elétricas	Escala : 1/100
Especialidade : Elétrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Interligação de Quadros e Terminais Tomadas PLANTA DO PISO 1	Desenho : 3

Anexo VI – Terminais de Iluminação – Piso -1

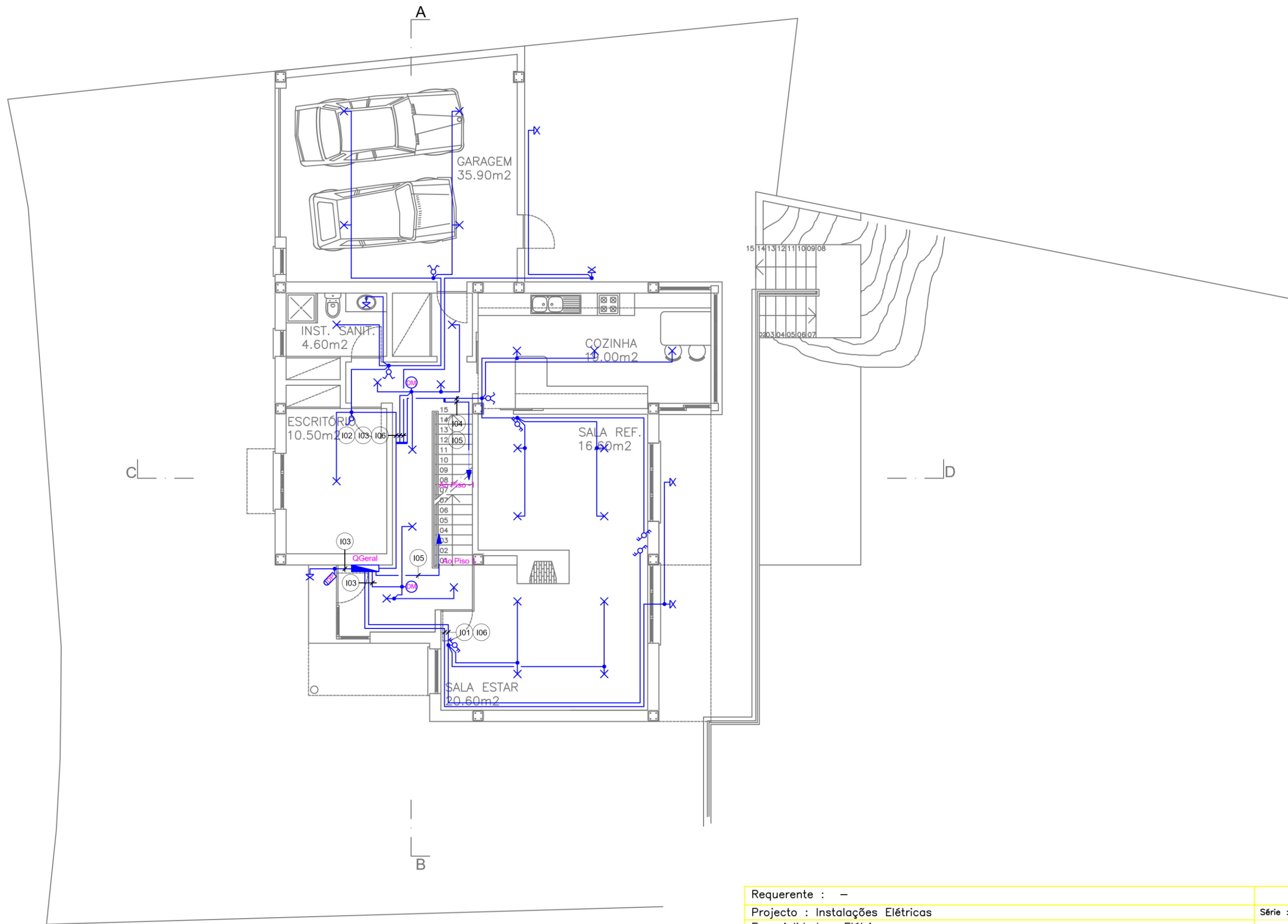


Diogo Rodrigues

90

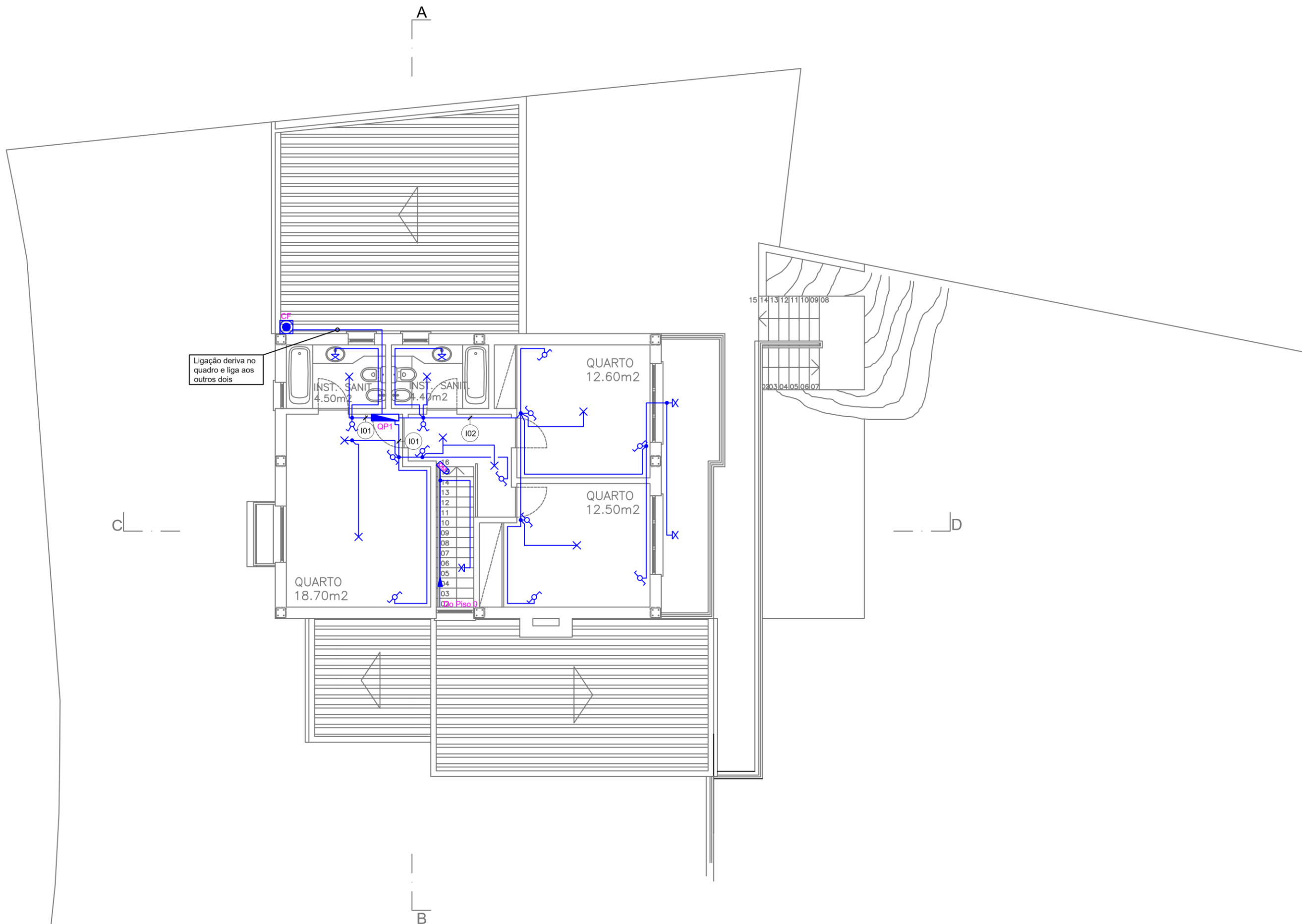
Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Eléctricas	Escala : 1/100
Especialidade : Eléctrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Terminais Iluminação PLANTA DO PISO -1	Desenho : 4

Anexo VII – Terminais de Iluminação – Piso 0



Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Eléctricas	Escala : 1/100
Especialidade : Eléctrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Terminais Iluminação PLANTA DO PISO 0	Desenho : 5

Anexo VIII – Terminais de Iluminação – Piso 1



Ligação deriva no quadro e liga aos outros dois

Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Eléctricas	Escala : 1/100
Especialidade : Eléctrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Terminais Iluminação PLANTA DO PISO 1	Desenho : 6

Anexo IX – Esquema do Quadro Geral

QGERAL **Piso 0**

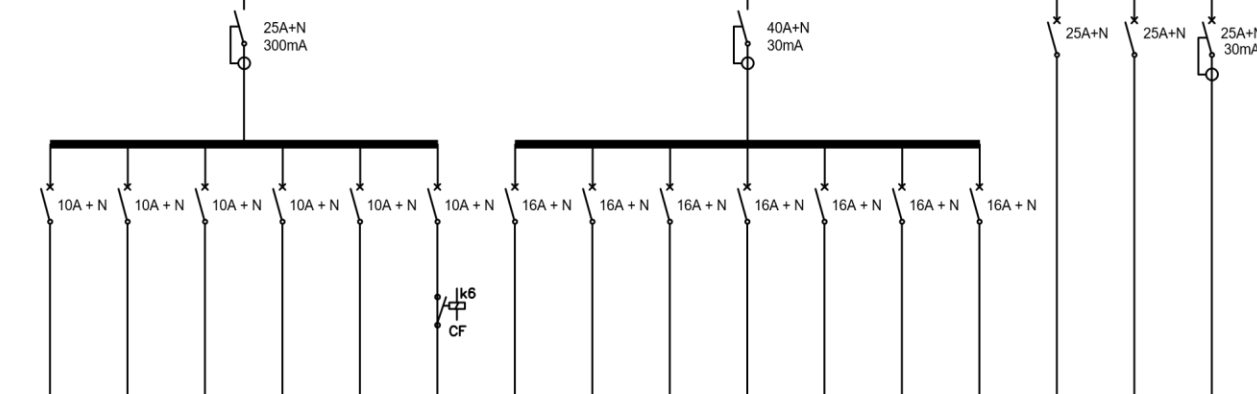
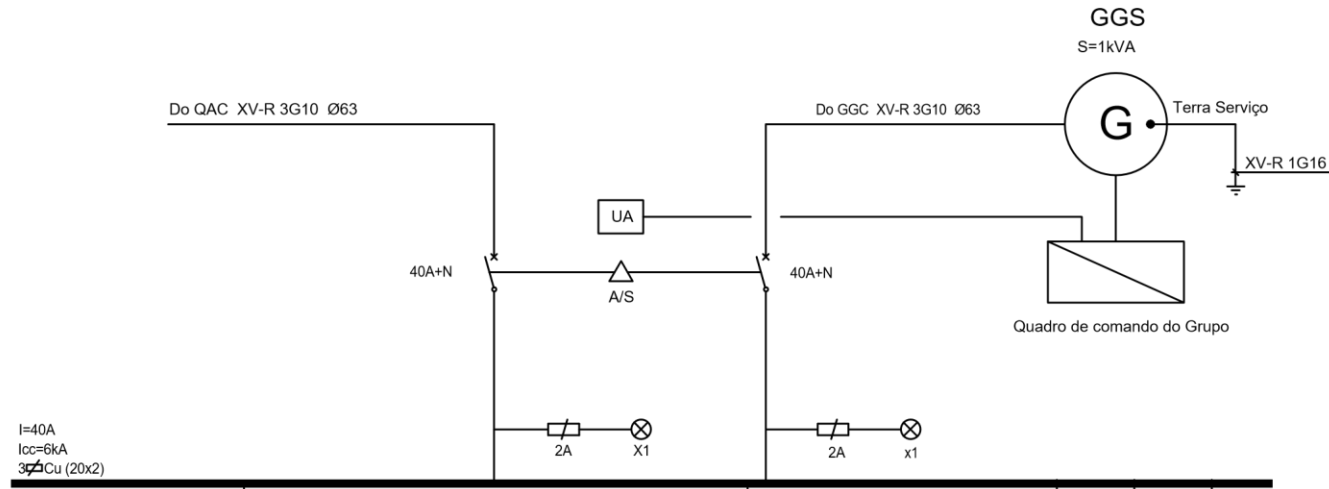
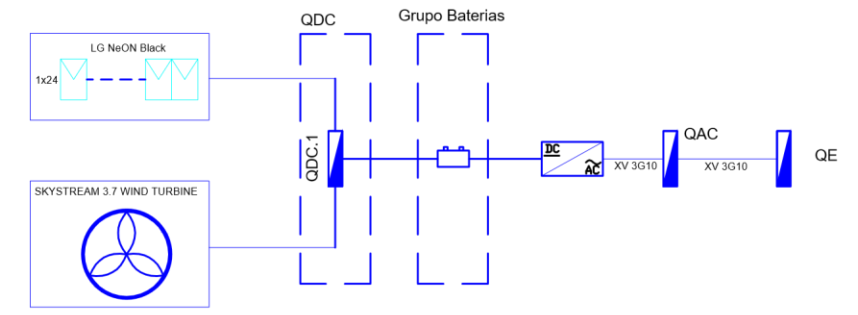


DIAGRAMA DE ALIMENTAÇÕES

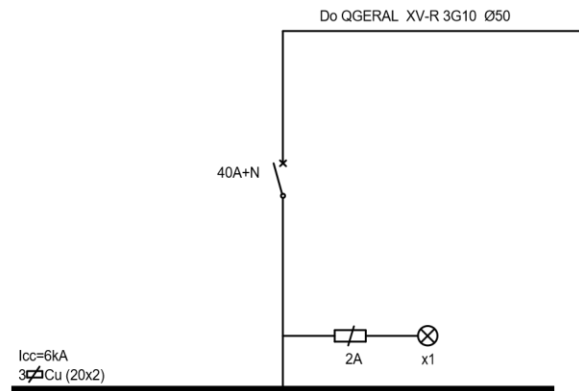


Nº CIRC	POT. (VA)	FASES	CANALIZAÇÃO	DESIGNAÇÃO
I01	-	-	XV-U3G1.5 Ø25	Sala de Estar
I02	-	-	XV-U3G1.5 Ø25	Escritório/Garagem
I03	-	-	XV-U3G1.5 Ø25	Corredor
I04	-	-	XV-U3G1.5 Ø25	Cozinha/S. Refeição
I05	-	-	XV-U3G1.5 Ø25	Escadas
I06	-	-	XV-U3G1.5 Ø25	Exterior
T01	-	-	XV-U3G2.5 Ø25	Escritório/I.S.
T02	-	-	XV-U3G2.5 Ø25	Corredor/S. Estar
T03	-	-	XV-U3G2.5 Ø25	Sala Refeição
T04	-	-	XV-U3G2.5 Ø25	Cozinha
T05	-	-	XV-U3G4 Ø32	Forno
T06	-	-	XV-U3G2.5 Ø25	Garagem
-	-	L1	H07V-U 2x2.5	Aliment. comando 230V
A01	-	-	XV-U3G10 VD50	QP1
A02	-	-	XV-U3G10 VD50	QP-1
A03	-	-	XV-U3G4 VD50	Carregador VE
ILUMINAÇÃO				
TOMADAS				
ALIMENTAÇÕES				

Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Elétricas	Escala : S/ESC
Especialidade : Elétrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Esquema Quadro Geral	Desenho : 7

Anexo X – Esquemas dos Quadros Parciais

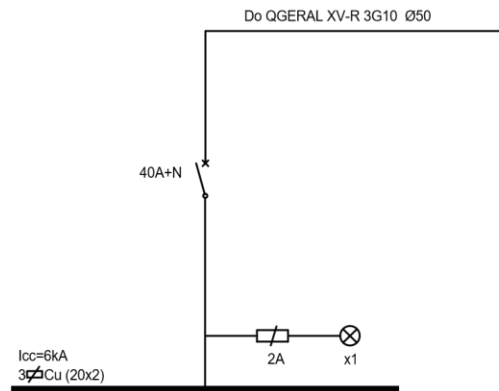
QP1 Piso 1



Nº CIRC
POT. (VA)
FASES
CANALIZAÇÃO
DESIGNAÇÃO

I01	I02	I03	T01	T02	T03	T04
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
XV-U3G1.5 Ø25	XV-U3G1.5 Ø25	-	XV-U3G2.5 Ø25	XV-U3G2.5 Ø25	XV-U3G2.5 Ø25	-
Quarto/I.S.	Quarto	Reserva	Quarto/I.S.	Quarto	Quarto	Reserva
ILUMINAÇÃO			TOMADAS			

QP-1 Piso -1



Nº CIRC
POT. (VA)
FASES
CANALIZAÇÃO
DESIGNAÇÃO

I01	I02	I03	T01	T02
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
XV-U3G1.5 Ø25	XV-U3G1.5 Ø25	-	XV-U3G2.5 Ø25	-
I.S.	Atelier	Reserva	Atelier	Reserva
ILUMINAÇÃO			TOMADAS	

Requerente : -	Série :
Projecto : Instalações Elétricas	Escala : S/ESC
Especialidade : Elétrica	Data : Janeiro 2018
Desenho : Esquemas Quadros Parciais	Desenho : 8

Anexo XI – Características do Painel Solar

Mechanical Properties

Cells	6 x 10
Cell Vendor	LG
Cell Type	Monocrystalline / N-type
Cell Dimensions	156.75 x 156.75 mm
# of Busbar	12 (Multi Wire Busbar)
Dimensions (L x W x H)	1640 x 1000 x 40 mm
Static Load	6000 Pa (snow load)
	5400 Pa (wind load)
Weight	17.0 ± 0.5 kg
Connector Type	MC4, IP67
Junction Box	IP67 with 3 Bypass Diodes
Length of Cables	2 x 1000 mm
Front cover	High Transmission Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminum

Certifications and Warranty

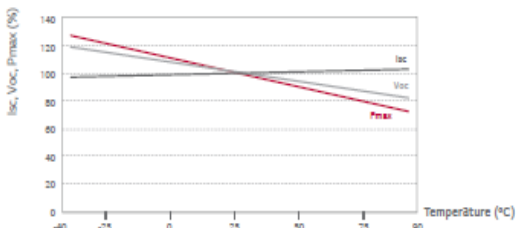
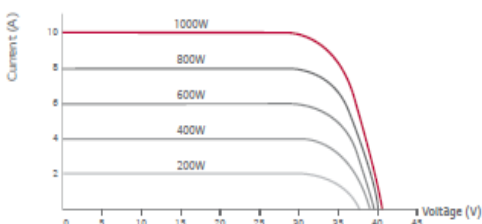
Certifications	IEC 61215, IEC 61730-1/-2
	IEC 62716 (Ammonia Test)
	IEC 61701 (Salt Mist Corrosion Test)
Module Fire Performance	Class C
Product Warranty	12 Years
Output Warranty of Pmax (Measurement Tolerance ± 3%)	25 years linear warranty ¹

¹ 1) 1st year: 98%, 2) After 2nd year: 0.6%p annual degradation, 3) 83.6% for 25 years

Temperature Coefficients

NOCT	46 ± 3 °C
Pmpp	-0.38 %/°C
Voc	-0.28 %/°C
Isc	0.02 %/°C

Characteristic Curves



Electrical Properties (STC²)

	300 W
MPP Voltage Vmpp (V)	32.5
MPP Current Impp (A)	9.26
Open Circuit Voltage Voc (V)	39.7
Short Circuit Current Isc (A)	9.70
Module Efficiency (%)	18.3
Operating Temperature (°C)	-40 ~ +90
Maximum System Voltage (V)	1000
Maximum Series Fuse Rating (A)	20
Power Tolerance (%)	0 ~ +3

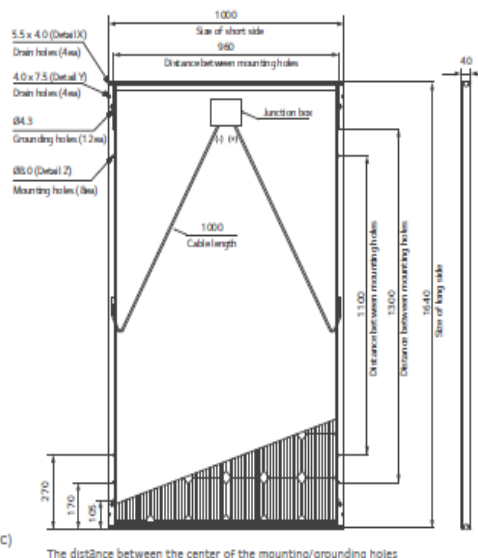
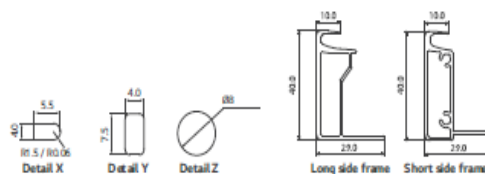
² 1) STC (Standard Test Condition): Irradiance 1000 W/m², Module Temperature 25 °C, AM 1.5.
 2) The typical change in module efficiency at 200 W/m² in relation to 1000 W/m² is -3.0%.
 3) Application Class A, Safety Class II
 4) The nameplate power output is measured and determined by LG Electronics at its sole and absolute discretion.

Electrical Properties (NOCT³)

	300 W
Maximum Power Pmax (W)	218
MPP Voltage Vmpp (V)	29.5
MPP Current Impp (A)	7.38
Open Circuit Voltage Voc (V)	36.5
Short Circuit Current Isc (A)	7.83

³ NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): irradiance 800 W/m², ambient temperature 20 °C, wind speed 1 m/s

Dimensions (mm)



<https://www.lgenergy.com.au/products/solar-panels/lg-neon-r-2-black/lg320n1k-full-black>

Anexo XII – Resultados do Cálculo do Sistema Fotovoltaico

Relatório de simulação de sistema solar fotovoltaico																			
Sumário																			
Instalação em Serra da Alvoaça (Guarda)			energia solar incidente: 96 903 kWh/ano			produtividade técnica: 2047 kWh/kW instalado			Índices de desempenho										
39,4 m² de módulos LG NeON Black			produção fotovoltaica potencial (DC): 17 033 kWh/ano			aproveitado: 646 kWh/kW instalado			rendimento relativo: 82% (performance ratio)										
seguimento solar completo			perdas de sistema (DC): -458 kWh/ano			i.e. 15% da energia incidente			necessidades cobertas: 42%										
permanentemente orientados para o sol.			perdas e consumos parasíticos (AC): -908 kWh/ano																
Potência: 7,2 kW (nominal)			produção (AC): 14 839 kWh/ano																
			autoconsumo (AC): 4 651 kWh/ano																
Local e clima																			
NUTS III: Beira Interior Norte			Município: Guarda			Local: Serra da Alvoaça			elevação: Beira Interior Noalbedo: 11%										
obstruções do horizonte																			
azimute:	E	-85°	-80°	-75°	-70°	-65°	-60°	-55°	-50°	NE	-40°	-35°	-30°	-25°	-20°	-15°	-10°	-5°	S
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
azimute:	S	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	NW	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	W
altura angular:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Configuração e operação do sistema solar fotovoltaico																			
Sistema fotovoltaico ligado à rede, com 24 módulos LG NeON Black (39,4 m²) permanentemente orientados para o sol.																			
Potência nominal da instalação 7,2 kW; módulos organizados em 2 fileiras (strings). A tensão máxima é 65 V.																			
Degradação máxima do rendimento dos módulos: 0,0% por ano (informação não utilizada em cálculos).																			
Perdas ambientais: 0,5% por variação espectral, 0,5% por deposição de poeiras e sujidades sobre os módulos.																			
Perdas eléctricas (DC): 1,0% na interconexão de módulos, 0,7% perdas resistivas gerais.																			
Perdas operacionais: 6 horas (diurnas) para manutenção e reparação de avarias.																			
Bloco de inversão e controlo geral - 95% eficiência com eficiência 95,0% (definição Europeia).																			
Perdas de 0,5% em transmissão e transformação para ligação à rede BT.																			
Sem consumos parasíticos.																			
Sistema explorado em regime de autoconsumo.																			
Aproveitamento do recurso solar																			
radiação solar directa																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
horizontal (à superfície)	3,5	5,9	9,4	10,7	13,5	18,5	19,5	17,6	12,2	6,7	4,7	2,1	10,4 kWh/m².dia						
incidente nos módulos	8,8	12,5	16,6	16,5	19,8	26,5	28,4	26,9	20,6	13,4	11,5	5,8	17,3 kWh/m².dia						
absorvida pelos módulos	8,8	12,5	16,6	16,5	19,8	26,5	28,4	26,9	20,6	13,4	11,5	5,8	17,3 kWh/m².dia						
radiação solar global																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
no topo da atmosfera	15,0	20,3	27,6	34,7	39,7	41,7	40,6	36,4	30,1	22,7	16,4	13,4	28,2 kWh/m².dia						
na horizontal (à superfície)	6,7	10,2	15,6	19,1	23,3	27,1	27,2	24,3	18,3	11,5	7,7	5,5	16,4 kWh/m².dia						
incidente nos módulos	12,9	18,2	24,4	26,0	31,0	37,1	38,3	35,8	28,5	19,5	15,6	9,7	24,8 kWh/m².dia						
absorvida pelos módulos	12,6	17,8	23,9	25,4	30,2	36,4	37,6	35,2	28,0	19,1	15,3	9,4	24,3 kWh/m².dia						
Desempenho energético																			
temperatura																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
ambiente (média diária)	3,8	5,1	7,4	8,9	12,5	17,4	20,9	20,9	17,9	12,3	7,5	4,8	11,6 °C						
nos módulos (média diurna)	17,6	21,0	27,5	27,5	33,2	41,4	48,3	52,6	47,9	35,4	28,3	18,0	33,2 °C						
energia																			
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	anual						
radiação solar incidente	4 281	5 453	8 099	8 330	10 252	11 939	12 755	11 932	9 176	6 469	5 027	3 190	96 903 kWh						
produção fotovoltaica (DC)	779	991	1 462	1 499	1 826	2 139	2 171	2 030	1 578	1 144	897	586	17 033 kWh						
perdas do sistema (DC)	-21	-27	-39	-40	-49	-57	-58	-55	-42	-31	-24	-16	-458 kWh						
consumos parasíticos (AC)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0 kWh						
outras perdas (AC)	-42	-53	-78	-80	-97	-114	-116	-108	-84	-61	-48	-31	-908 kWh						
produção disponível (AC)	679	863	1 273	1 306	1 591	1 863	1 892	1 768	1 375	996	781	511	14 839 kWh						
necessidades do edifício (AC)	942	851	942	911	942	942	942	942	911	942	912	942	11 091 kWh						
autoconsumo (AC)	235	281	397	424	511	547	541	501	422	325	253	232	4 651 kWh						
passível de remuneração, acumulado (AC)	444	1 026	1 903	2 785	3 865	5 182	6 533	7 800	8 752	9 424	9 952	10 231	10 231 kWh						
Avaliação do desempenho																			
rendimento global:	15%	da energia incidente		produtividade técnica:	2047 kWh/kW instalado														
rendimento relativo:	82%	(performance ratio)		i.e.	376 kWh/m² instalado														
(sistema provavelmente sobredimensionado)				exploração real:	646 kWh/kW instalado														
				i.e.	118 kWh/m² instalado														
Análise para DL 153/2014 (Unidades de Produção Distribuída)																			
Potência do sistema:	7,2 kW	- deve ser menor que a potência contratada																	
14 839 kWh >	11 091 kWh	[produção potencial anual > consumo anual]: instalação sobredimensionada para autoconsumo																	
Passível de remuneração:	10 231 kWh																		

Anexo XIII – Características do Aerogerador

Skystream 3.7 Specifications	
Rated Capacity	2.4 kW
Rotor Diameter	12 ft (3.72 m)
Weight	170 lb (77 kg)
Swept Area	115.7 ft ² (10.87 m ²)
Type	Downwind rotor with stall regulation control
Direction of Rotation	Clockwise looking upwind
Blades	(3) Fiberglass reinforced composite
Rated Speed	50 - 330 rpm
Maximum Tip Speed	216.5 ft/s (66 m/s)
Alternator	Slotless permanent magnet brushless
Yaw Control	Passive
Grid Feeding	120/240 VAC Split 1 Ph, 60 Hz * 120/208 VAC 3 Ph compatible, 60 Hz (Check with dealer for other configurations)
Battery Charging	Battery Charge Controller kit available for battery charging systems
Braking System	Electronic stall regulation with redundant relay switch control
Cut-in Wind Speed	8 mph (3.5 m/s)
Rated Wind Speed	29 mph (13 m/s)
User Monitoring Wireless	2-way interface
Survival Wind Speed	140 mph (63 m/s)
Warranty	5 year limited warranty

*Actual output will vary based on site conditions & tower heights.

<http://www.windenergy.com/products/skystream/skystream-3.7#upclose>

Anexo XIV – Orçamento com ligação à RESP

	Designação	Un	Quant. Totais	Preço Unitário Estimado	Preço Total Estimado
1	Instalações Elétricas Gerais				
1.1	Quadros Elétricos e Rede de Distribuição				
1.1.1	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de caixa para portinhola em plástico, de cor branca, IP44-IK08, para instalação encastrada, classe II de isolamento, dotado de porta, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, segundo desenhos e C.E.	un	1	98,50 €	98,50 €
1.1.2	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de caixa para contador eléctrico em plástico, de cor branca, IP44-IK07, para instalação encastrada, classe II de isolamento, dotado de porta, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, segundo desenhos e C.E.	un	1	28,60 €	28,60 €
1.1.3	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de quadro elétrico composto por armário plástico, de cor branca, IP40-IK07, classe II de isolamento, dotado de porta, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento:				
	QGeral	un	1	625,00 €	625,00 €
	QP1	un	1	315,00 €	315,00 €
	QP-1	un	1	315,00 €	315,00 €
1.1.4	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de ligações equipotenciais de todas as massas metálicas da rede de águas (tomeiras, válvulas, tubagem metálica, etc.), a condutor H07V-U 1G2,5 enfiado em tubo ISOGRIS 12 de instalação embecida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	125,00 €	125,00 €
1.1.5	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G16 mm ²	m	15	11,99 €	179,85 €
1.1.6	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G10 mm ²	m	25	7,65 €	191,25 €
	Fornecimento e colocação de tubo VD 50	m	25	1,98 €	49,50 €
	Fornecimento e colocação de tubo VD 63	m	15	2,56 €	38,40 €
2	Tomadas de Uso Geral e Força				
2.1	EQUIPAMENTOS				
2.1.1	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de tomada monofásica, Schuko, para 16A/230V~, com alvéolos protegidos, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	48	3,16 €	151,68 €
2.1.2	Fornecimento e colocação de caixa de pavimento para montagem embecida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	2	8,50 €	17,00 €
2.1.3	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de tomada monofásica, Schuko, para 16A/230V~, com alvéolos protegidos, para instalação em caixa de pavimento, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	4	3,16 €	12,64 €
2.1.4	Fornecimento e colocação de caixa de fim de cabo para montagem embecida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	4	4,85 €	19,40 €

2.1.5	Fornecimento e colocação de caixa de derivação, em PVC, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	23	4,85 €	111,55 €
2.1.6	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G2,5 mm ²	m	1450	1,23 €	1 783,50 €
2.1.7	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G4 mm ²	m	15	1,97 €	29,55 €
2.1.8	Fornecimento e colocação de tubo VD 25	m	1450	0,64 €	928,00 €
2.1.9	Fornecimento e colocação de tubo VD 32	m	15	0,95 €	14,25 €
3	Iluminação				
3.1	EQUIPAMENTOS				
3.1.1	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador escada, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	10	2,85 €	28,50 €
3.1.2	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador escada duplo, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	4	4,85 €	19,40 €
3.1.3	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador de lustre, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	7	3,55 €	24,85 €
3.1.4	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador simples, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	2,40 €	2,40 €
3.1.5	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de detector de movimento, para 230 V~/10A, para instalação saliente de parede, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	2	102,90 €	205,80 €
3.1.6	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de detector de presença, para 230 V~/10A, para instalação saliente de parede, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	2	162,40 €	324,80 €
3.1.7	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de detector de movimento, para 230 V~/10A, para instalação em teto, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	91,70 €	91,70 €
3.1.8	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Foto Celula, para 230 V~/10A, para instalação exterior, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	153,04 €	153,04 €
3.1.9	Fornecimento e colocação de caixa de derivação, em PVC, para montagem embecida, com suporte, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento.	un	37	4,85 €	179,45 €
3.1.10	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G1,5 mm ²	m	1800	0,87 €	1 566,00 €

3.1.11	Fornecimento e colocação de tubo VD 25	m	1800	0,64 €	1 152,00 €
4	Serviços Complementares				
4.1	Remoção e transporte a vazadouro das infra-estruturas elétricas existentes.	un	1	250,00 €	250,00 €
4.2	Trabalhos de construção civil de apoio inerentes à montagem das infraestruturas elétricas (incluindo abertura de roços em paredes ou abertura de negativo na laje e todos os remates necessários, etc....), de acordo com desenhos e CE.	un	1	250,00 €	250,00 €
				TOTAL:	9 281,61 €

Nove mil, duzentos e oita e um Euros e sessenta e um cêntimos.
(Os valores apresentados serão acrescidos de IVA à taxa legal em vigor)

Anexo XV – Orçamento sem ligação à RESP

	Designação	Un	Quant. Totais	Preço Unitário Estimado	Preço Total Estimado
1	Instalações Eléctricas Gerais				
1.1	Quadros Eléctricos e Rede de Distribuição				
	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Central fotovoltaica constituída por 28 painéis, com área de 1,67m ² , com a potência de 300Wp cada, Estruturas Mecánicas de Suporte dos Módulos				
1.1.1	Fotovoltaicos, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, 1 Inversor de Ligação à Rede Eléctrica, Quadro eléctrico, Equipamento de Medida e Contagem, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.	un	1	10 000,00 €	10 000,00 €
	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Grupo de Armazenamento constituída por baterias, Estruturas Mecánicas de Suporte, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.				
1.1.2	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Grupo de Armazenamento constituída por baterias, Estruturas Mecánicas de Suporte, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.	un	1	7 000,00 €	7 000,00 €
	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Central Eólica constituída por 1 turbina, com a potência de 2000W , Estruturas Mecánicas de Suporte, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, 1 Inversor de Ligação à Rede Eléctrica, Quadro eléctrico, Equipamento de Medida e Contagem, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.				
1.1.3	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Central Eólica constituída por 1 turbina, com a potência de 2000W , Estruturas Mecánicas de Suporte, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, 1 Inversor de Ligação à Rede Eléctrica, Quadro eléctrico, Equipamento de Medida e Contagem, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.	un	1	7 000,00 €	7 000,00 €
	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Grupo Gerador, com a potência de 1kVA , Estruturas Mecánicas de Suporte, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, Quadro eléctrico, Equipamento de Medida e Contagem, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.				
1.1.4	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Grupo Gerador, com a potência de 1kVA , Estruturas Mecánicas de Suporte, Bases de Apoio da Estrutura de Suporte, Equipamento de Protecção e Ligação, Quadro eléctrico, Equipamento de Medida e Contagem, e incluindo todos os acessórios necessários à sua correcta instalação e funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.	un	1	1 000,00 €	1 000,00 €
	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de quadro eléctrico composto por armário plástico, de cor branca, IP40-IP07, classe II de isolamento, dotado de porta, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento:				
1.1.5	Q Geral	un	1	625,00 €	625,00 €
	QP1	un	1	315,00 €	315,00 €
	QP-1	un	1	315,00 €	315,00 €
	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de ligações equipotenciais de todas as massas metálicas da rede de águas (tomelras, válvulas, tubagem metálica, etc.), a condutor H07V-U 1G2,5 enfiado em tubo ISOGRIS 12 de instalação embebida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.				
1.1.6	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de ligações equipotenciais de todas as massas metálicas da rede de águas (tomelras, válvulas, tubagem metálica, etc.), a condutor H07V-U 1G2,5 enfiado em tubo ISOGRIS 12 de instalação embebida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e C.E.	un	1	125,00 €	125,00 €
1.1.7	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G16 mm ²	m	15	11,99 €	179,85 €
1.1.8	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G10 mm ²	m	25	7,65 €	191,25 €
	Fornecimento e colocação de tubo VD 50	m	25	1,98 €	49,50 €
	Fornecimento e colocação de tubo VD 63	m	15	2,56 €	38,40 €
2	Tomadas de Uso Geral e Força				

2.1	EQUIPAMENTOS				
2.1.1	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de tomada monofásica, Schuko, para 16A/230V~, com alvéolos protegidos, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	48	3,16 €	151,68 €
2.1.2	Fornecimento e colocação de caixa de pavimento para montagem embecida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	2	8,50 €	17,00 €
2.1.3	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de tomada monofásica, Schuko, para 16A/230V~, com alvéolos protegidos, para instalação em caixa de pavimento, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	4	3,16 €	12,64 €
2.1.4	Fornecimento e colocação de caixa de fim de cabo para montagem embecida, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	4	4,85 €	19,40 €
2.1.5	Fornecimento e colocação de caixa de derivação, em PVC, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	23	4,85 €	111,55 €
2.1.6	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G2,5 mm ²	m	1450	1,23 €	1 783,50 €
2.1.7	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G4 mm ²	m	15	1,97 €	29,55 €
2.1.8	Fornecimento e colocação de tubo VD 25	m	1450	0,64 €	928,00 €
2.1.9	Fornecimento e colocação de tubo VD 32	m	15	0,95 €	14,25 €
3	Iluminação				
3.1	EQUIPAMENTOS				
3.1.1	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador escada, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	10	2,85 €	28,50 €
3.1.2	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador escada duplo, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	4	4,85 €	19,40 €
3.1.3	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador de lustre, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	7	3,55 €	24,85 €
3.1.4	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de comutador simples, tipo basculante, 10A/230V~, para instalação embecida, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	2,40 €	2,40 €
3.1.5	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de detector de movimento, para 230 V~/10A, para instalação saliente de parede, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	2	102,90 €	205,80 €

3.1.6	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de detector de presença, para 230 V~/10A, para instalação saliente de parede, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	2	162,40 €	324,80 €
3.1.7	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de detector de movimento, para 230 V~/10A, para instalação em teto, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	91,70 €	91,70 €
3.1.8	Fornecimento, montagem e colocação em serviço de Foto Celula, para 230 V~/10A, para instalação exterior, incluindo caixa de aparelhagem e todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento, de acordo com desenhos e CE.	un	1	153,04 €	153,04 €
3.1.9	Fornecimento e colocação de caixa de derivação, em PVC, para montagem embecida, com suporte, incluindo todos os acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento.	un	37	4,85 €	179,45 €
3.1.10	Fornecimento e colocação de cabo XV (0,6/1kV) 3G1,5 mm ²	m	1800	0,87 €	1 566,00 €
3.1.11	Fornecimento e colocação de tubo VD 25	m	1800	0,64 €	1 152,00 €
4	Serviços Complementares				
4.1	Remoção e transporte a vazadouro das infra-estruturas elétricas existentes.	un	1	250,00 €	250,00 €
4.2	Trabalhos de construção civil de apoio inerentes à montagem das infraestruturas elétricas (incluindo abertura de roços em paredes ou abertura de negativo na laje e todos os remates necessários, etc....), de acordo com desenhos e CE.	un	1	250,00 €	250,00 €
				TOTAL:	34 154,51 €

Trinta e quatro mil, setecentos e quatro Euros e cinquenta e um cêntimos.
(Os valores apresentados serão acrescidos de IVA à taxa legal em vigor)

Anexo XVI – Análise Econômica

Taxa de Interesse: 5,00% Anos: 21							
Ano	Custos	Benefícios	TA	Custos Atualizados	Benefícios Atualizados	Fluxos de Caixa	
0	21 423	1 781	1,00	21 423	1 781	-19 642	
1		1 781	0,95	0	1 696	1 781	
2		1 781	0,91	0	1 616	1 781	
3		1 781	0,86	0	1 539	1 781	
4		1 781	0,82	0	1 465	1 781	
5		1 781	0,78	0	1 396	1 781	
6		1 781	0,75	0	1 329	1 781	
7		1 781	0,71	0	1 266	1 781	
8		1 781	0,68	0	1 206	1 781	
9		1 781	0,64	0	1 148	1 781	
10		1 781	0,61	0	1 093	1 781	
11		1 781	0,58	0	1 041	1 781	
12		1 781	0,56	0	992	1 781	
13		1 781	0,53	0	945	1 781	
14		1 781	0,51	0	900	1 781	
15		1 781	0,48	0	857	1 781	
16		1 781	0,46	0	816	1 781	
17		1 781	0,44	0	777	1 781	
18		1 781	0,42	0	740	1 781	
19		1 781	0,40	0	705	1 781	

20	250	1 781	0,38	94	671	1 531
21		1 781	0,36	0	639	1 781
Total	22 423	39 186		21 517	24 618	
Lucro	16 763	(Benefícios - Custos)		Valor Atual Líquido (VAL)	101	
				Taxa Interna de Rentabilidade (TIR)	1%	
				Período de Retorno do Investimento (PIR)	20	

	Estimativa
Com Ligação à RESP	9 281,61 €
Sem Ligação à RESP	30 704,51 €
Diferença custo Instalação	21 422,90 €

Consumo Anual (kWh)	10821,15
Custo kWh	€ 0,16
Custo Anual	€ 1 781,16